

Sniper 101

Guía Introductoria para Realizar Disparos a Distancias Extremas

Basada en la Serie de YouTube Sniper 101 del usuario *TiborasaurusRex*



Version 1.1

Comienzo de transcripción de la serie: 03 de marzo 2016

Finalización Versión 1.0: 22 de febrero 2018

Última modificación: 15 de noviembre 2018

Montevideo, Uruguay

Autor: Gabriel Alejandro Tejera González.

Este texto es una transcripción y **resumen** de la serie de YouTube “SNIPER 101” del usuario “[TiborasaurusRex](https://www.youtube.com/user/TiborasaurusRex)” --Rex de aquí en más--, para realizar disparos a distancias extremas. Son 101 capítulos en inglés y tienen una duración que van desde 8 minutos hasta aproximadamente 40 minutos por capítulo. El resumen pretende resaltar **algunas** de las cosas más importante de **CADA CAPÍTULO A MUY GRANDES RASGOS**, por lo que se recomienda ver los videos para poder entender mejor los conceptos aquí tratados.

Se puede buscar la serie de videos en el canal de Rex:

www.youtube.com/user/TiborasaurusRex

O en su página web:

www.rexreviews.org

IMPORTANTE:

La distribución de este material en forma digital **DEBE ser totalmente gratuita** al igual que lo son los videos de Rex. En caso de existir versión impresa, sólo podrán cobrarse los costos asociados a la impresión y encuadernación.

Este documento estará disponible en:

- [Sociedad Tiro Suizo \(www.sociedadtirosuizo.com.uy\)](http://www.sociedadtirosuizo.com.uy)
- [Club Uruguayo de Tiro \(cluburuguayodetiro.com\)](http://cluburuguayodetiro.com)
- [Tiro y Recarga \(www.tiroyrecarga.com\)](http://www.tiroyrecarga.com)
- [Full Aventura \(foro.fullaventura.com\)](http://foro.fullaventura.com)

Por comentarios sobre este documento puede escribir a tejerag@gmail.com

Aclaraciones

- Este texto tiene como objetivo enseñar pero de ninguna manera incentivar la violencia. Las personas violentas que desean hacerle daño a otro ser humano, lo harán con o sin armas de fuego.
- En la mayoría de los casos no es una traducción textual de lo que Rex dice en los videos, sino una interpretación de la información presentada en los mismos, además que en algunos casos se omiten algunos datos o agrega información extra.
- Bajo el título de cada sección o capítulo está en verde (y entre **) los títulos de los videos de la serie de los cuales se habla en la sección o capítulo en cuestión.
- A lo largo del texto en algunos lugares se hace referencia a *Disparos a larga distancia* o *Disparos a distancias extremas* como “**D.D.Ext**”.
- Para poder realizar disparos a distancias extremas (y acertar en el primer disparo) es necesario tomar en cuenta muchos factores. Se recomienda no pasar por alto ninguno de los capítulos, por más que algunos en principio parezcan innecesarios (muchos de los factores que afectan la trayectoria del proyectil son engañosos!).
- En muchas de las secciones (y videos) se explican los conceptos a grandes rasgos y con un alto nivel de abstracción para que sean más fáciles de entender. Si bien se trata de un documento con contenido técnico, la idea es que sea aplicable.
- Los capítulos o secciones cuyo título esté marcado con (#) difieren considerablemente con el video.

Agradecimientos

Versión 1.0:

- Especialmente a mi señora **Laura da Rosa** por aguantar mi locura por el tiro.
- A **Rex**, por tomarse el tiempo de realizar todos sus videos y compartir esa valiosa información de forma gratuita y por darme el permiso de realizar y compartir este documento que logrará que esta información llegue a más personas.
- A mi Maestro y Amigo el **Sr. Carlos Troche** por guiarme en mis primeros pasos en el mundo del tiro.
- A mi Amigo el **Sr. Martín Domenech** con el que hemos compartido infinidad de tiros y competencias.
- Al foro **Tiro y Recarga** (www.tiroyrecarga.com) en el cual soy usuario desde el 2010 cuando empecé con todo lo relacionado al tiro, y también agradecerles a **todos los usuarios** que han compartido sus conocimientos y de los cuales he aprendido muchísimo.
- Al **Sr. Diego Canavero** por recomendar la serie *Sniper 101* de Rex.
- A mi club de tiro y sus integrantes: **Sociedad Tiro Suizo**, club deportivo más antiguo del Uruguay, fundado el 19 de abril de 1874 (www.sociedadtirosuizo.com.uy), donde voy a quemar pólvora y hacer ruido (además de hacer varios amigos).

Versión 1.0.3:

- Al usuario **43spanish** del foro “Full Aventura” por notar un error en una de las secciones.

Versión 1.1:

- A mi amigo el **Sr. Gabriel Furest** por el apoyo brindado.
- Al **Club Uruguayo de Tiro** donde también estoy yendo a disfrutar de este deporte que es el tiro deportivo.

Tabla de contenido

1. Introducción	9
2. Selección del Cartucho	10
2.1. Objetivos y necesidades	10
2.2. Lista de selección	10
3. Selección del proyectil (punta o bala)	12
4. Información general sobre el equipo	13
4.1. Precisión y Exactitud	13
4.2. Sistema de arma	13
5. Vibraciones del fusil y ondas armónicas	15
5.1. Vibraciones y ondas	15
5.2. Aumentar la rigidez general del fusil	16
5.2.1 Rigidez del cañón	16
5.2.2. Ajuste de piezas del fusil	16
5.2.3. Culata del fusil	17
5.2.4. Diseño de la Acción	17
5.3. Puesta a punto de las armónicas del fusil	18
6. Fusiles Semiautomáticos para Disparos a L.D.	19
7. Accion de cerrojo y Selección de cañón	20
7.1. Acción de Cerrojo	20
7.2. Peso del cañón	20
7.3. Largo del cañón	20
7.4. Pase de Estrías (Twist Rate)	21
8. Formas del cañón, rigidez y enfriamiento	22
8.1. Diseño Acanalado	22
8.2. Diseño Triangular	23
8.3. Diseño Octagonal	23
8.4. Diferencias entre los diseños	23
8.5. Calentamiento y Enfriamiento del cañón	25
9. Opciones para el disparador	26
10. Selección del Fusil	27
11. Miras Ópticas para Disparos a Larga Distancia	31
11.1 Torretas de la Mira Óptica (Scope Turrets)	31

11.1.1. Unidades de medida angular	33
11.1.2 Rango total de ajuste	34
11.1.3 Unidades de elevación por revolución	36
11.2. Mejores miras ópticas de la historia	37
11.3. Miras con aumento fijo vs aumento variable	39
11.3.1. Retención del cero	40
11.3.2. Claridad Óptica y Transmisión de luz	40
11.3.3. Retículo y planos focales en miras con aumento variable	40
11.3.4. Consistencia del aumento de la mira y psicología bajo estrés	42
11.4. Poder de Aumento de las miras Ópticas	43
11.4.1. Consideraciones generales	43
11.4.2. Distancia ocular	43
11.4.3. Transmisión de luz	43
11.4.4. Diámetro de pupila de salida (“Exit Pupil Diameter”)	43
11.4.5. Poder de aumento según la tarea particular del tirador	44
11.5. Tamaño de los lentes objetivos y retículos efectivos	45
11.5.1. Retículos potenciales para disparos a larga distancia	45
11.5.2. Lentes Objetivos	48
11.6. Calidad de las miras ópticas	49
11.6.1. Calidad de las miras por marca	49
11.6.2. Tipos de lentes	50
11.6.3. Origen de los lentes	52
11.7. Mejores miras seleccionadas por Rex	54
11.7.1. Mira con costo menor a 300 US\$	54
11.7.2. Mira con costo menor a 500 US\$	54
11.7.3. Mira con costo menor a 1000 US\$	54
11.7.4. Mira con costo cerca de 1500 US\$	55
11.7.5. Mira con costo cerca de 2000 US\$	55
11.7.6. Mira con costo mayor a 2500 US\$	55
12. Equipo del Francotirador y equipo periférico	56
13. Balística, Introducción y Visión general	60
13.1. Balística exterior básica	61
13.1.2. Aplicación clásica de la balística	65
13.1.3. Correcciones por temperatura	66
13.1.4. Correcciones por humedad	70
13.1.5. Correcciones por presión atmosférica y altitud	73
13.1.6. Correcciones por viento	78
13.1.6.1. Método del reloj	78

13.1.6.2. Método de la bandera	80
13.1.6.3. Método de sensación (feel method)	80
13.1.6.4. Espejismos (mirage)	81
13.1.6.5. Método de la fórmula	82
13.1.6.6. Ejemplo de desvío por viento	83
13.1.6.7. Método del transportador (Protractor Method)	87
13.1.6.8. Patrones del viento	88
13.1.7. Correcciones por ángulo de tiro	91
13.2. Balística Interior avanzada	93
13.2.1. Secuencia de los eventos balísticos interiores	93
13.2.2. Variación del eje del cañón por problemas de vibraciones internas	97
13.2.2.1. Puntos de contacto entre el cañón y la culata	97
13.2.2.2. Deformación de la culata (Stock Warp)	98
13.2.2.3. Bloqueo de los tetones (locking lugs)	99
13.2.2.3. Dimensiones de la recámara y problemas con el headspace.	99
13.2.3. Erosión del ánima del cañón	100
13.2.3.1. Erosión química	101
13.2.3.2. Erosión térmica y mecánica	102
13.2.3.3. Recubrimiento con Moly y erosión diferencial	103
13.2.4. Residuos de cobre y pólvora en el cañón	104
13.2.4.1. Residuos de cobre (Coppering)	104
13.2.4.2. Residuos de pólvora	105
13.2.4. Resumen sobre Erosión y cambios en el eje del cañón	106
13.2.5. Limpieza del fusil para D.D.Ext.	106
13.2.5.1. Equipo de limpieza	107
13.2.5.2. Comparación de procedimientos para el “ablande” del cañón	108
13.2.5.3. Régimen de limpieza con mínima alteración	110
14. Munición	114
14.1. Munición Factory	114
14.2. Recarga de munición	114
14.2.1. Equipo de recarga	115
14.2.2. Recalibrado de vainas	117
14.2.3. Bolsillo de fulminante y recortado de vaina	119
14.2.4. Colocación de los fulminantes en las vainas	121
14.2.5. Medición de pólvora y uso de la balanza	122
14.2.6. Asentado de puntas y crimpado	123
14.3. Desarrollo de carga para D.D.Ext.	124
15. Correcto despliegue del fusil	126

15.1. Bípodes y monópodes	126
15.2. Efecto “pull-off” de los frenos de boca	127
15.3. Frenos de boca para D.D.Ext.	128
15.4. Montaje de la mira telescópica	128
16. Balística (parte2)	131
16.1. Tablas balísticas y variación de velocidad inicial	131
16.2. Balística Intermedia	134
16.2.1. Definición y explicación	134
16.2.2. Fogonazo, onda de choque y accesorios para boca del cañón	135
16.3. Balística exterior avanzada	136
16.3.1. Introducción	136
16.3.2. Puesta a cero del fusil utilizando 3 disparos	137
16.3.3. Tablas balísticas - Introducción a los modelos de tabla	140
16.3.4. Creación de tabla balística utilizando JBM Ballistics	144
16.3.5. Interpolación	151
16.3.6. Dinámica del proyectil	154
16.3.6.1. Centro de gravedad, Centro de presión y Momento de Inercia	154
16.3.6.2. Estabilidad del proyectil	155
16.3.6.3. Problemas de balance del proyectil	158
16.3.6.4. Revoluciones por minuto y Sobre-Estabilización	159
16.3.6.5. Estabilidad aerodinámica	160
16.3.6.6. Efecto Magnus y deriva por giro del proyectil (Spin Drift) (#)	161
16.3.6.7. Corrección de deriva por giro del proyectil de manera fácil	163
16.3.6.8. Efecto de Coriolis en proyectiles de fusil (#)	166
16.3.6.9. Zona transónica y distancia máxima efectiva	169
16.3.6.10. Funciones de arrastre G1 vs G7 y coeficientes balísticos	170
16.4. Calculando soluciones de tiro para distintas aplicaciones	172
16.5. Calc Forms (Formulario de cálculo)	174
16.5.1. Cómo utilizar los CalcForm	175
16.5.2. Tablas de funciones balísticas primarias	183
16.5.3. Tablas de funciones balísticas secundarias	186
17. Estimación y determinación de distancias	187
17.1. Introducción	187
17.2. Método Crack~Thump para estimación de distancia	188
17.3. Espacio de barrido y espacio de peligro	191
17.4. Utilizar retículos para determinar distancias	193
17.4.1. Introducción	193
17.4.2. Medidas del retículo Mil-Dot	195

17.4.3. Fórmulas para el cálculo de distancias	196
17.4.4. Ventajas y desventajas de utilizar retículo para determinación de distancias	197
17.4.5. Probabilidades de error en determinación de distancias	198
17.5. Telémetros LÁSER	198
17.5.1 Ventajas y limitaciones	198
17.5.2 Telémetros recomendados para D.D.Ext.	199
17.6. Confirmación de distancias (GPS, Mapas y Fotos Aéreas)	200
18. Recomendaciones para tiro de precisión	203
19. Tirador y Observador	207
19.1. Dinámica del equipo Tirador y Observador	207
19.2. Jerga y Comunicación de equipo	208
19.3. Rastro de la bala y técnicas de observación	209
19.4. Interpretando el chapoteo de las balas (bullet splash)	210
19.5. Recomendaciones para observar para sí mismo	210
19.6. Como dirigir disparos a larga distancia	211
19.7. Como usar el “Mildot Master”	212
19.8. Catalejos para dirigir disparos de precisión	215
Videos omitidos en este documento	216
Referencias	217
Apéndice A - Registro de cambios	218
Apéndice B - Equivalencia de medidas	219
Apéndice C - Ejemplo de tablas balísticas de Rex	220
Apéndice D - Los factores más determinantes para disparos a distancias extremas	223
Apéndice E - Tiro en pendiente	225

1. Introducción

SNIPER 101 Part 1 - Introduction

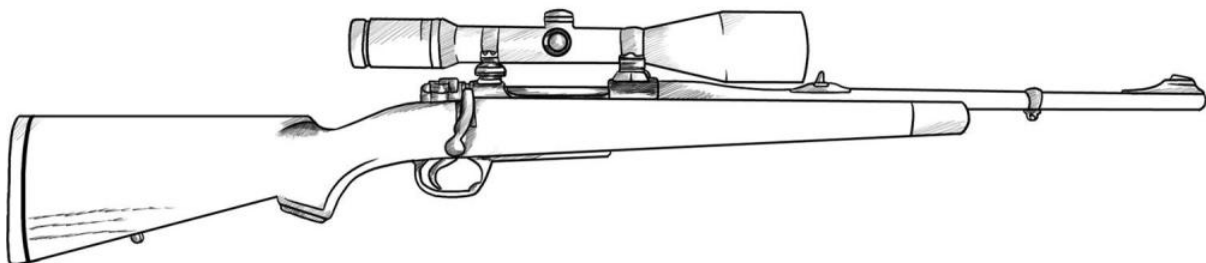
Realizar disparos a distancias extremas (hablando de más de 1000 metros) no solo se basa en tener el equipo adecuado, sino que es una ciencia que demanda estricta atención a los detalles, aspecto importantísimo para poder realizar disparos con aciertos al primer disparo. Para lograr esto, el tirador debe incorporar efectivamente conocimiento de física, meteorología e incluso biología y química para poder realizar una “solución de tiro” (del inglés, *firing solution*) que se ajusta a todas las posibles fuerzas que afectarán la trayectoria de vuelo del proyectil.

En este documento se explican los “misterios” que permiten realizar los disparos como arriba descritos. Se tratan a lo largo del documento los siguientes puntos:

- Selección de puntas y cartuchos
- Balística interior
- Balística exterior básica y avanzada
- Recarga de cartuchos para D.D.Ext.
- Construcción de tablas balísticas
- Técnicas para estimar y determinar distancias
- Técnicas de disparo básicas y avanzadas
- Dinámicas observador/tirador
- Y mas.

Dependiendo de la tarea particular del tirador (“*mission criteria*”, que puede ser tiro al blanco, caza, combate, control de alimañas, etc), será el conjunto Fusil + Munición necesario, como también las herramientas a utilizar.

Recordar el concepto más importante que se utiliza a lo largo de documento el cual permite realizar disparos a distancias extremas y acertar en el primer disparo: **CONSISTENCIA**.



2. Selección del Cartucho

SNIPER 101 Part 2 - Cartridge Dynamics

SNIPER 101 Part 3 - Cartridge Selection

2.1. Objetivos y necesidades

Para poder determinar el cartucho necesario, se debe tener bien claro cuáles son estas necesidades. Para esto se necesitan contestar algunas preguntas:

- ¿Que tan lejos va a estar el objetivo? (Distancia máxima efectiva)
- ¿Que tan resistente es el objetivo? (Energía remanente del proyectil al llegar al objetivo)
- ¿Que tan difícil es conseguir el cartucho? (Disponibilidad del cartucho)
- ¿Que tan difícil es conseguir los componentes del cartucho? (Disponibilidad de los componentes)
- El peso de las posibles armas que utilizan el cartucho elegido (ver más en el capítulo de “*Selección del Fusil*”).
- Caída de la punta (cuanto más plana sea la trayectoria más fácil compensar)
- Desviación por viento

Es deseable ponerle prioridad a cada una de estas preguntas dependiendo de cual sea nuestra tarea particular.

Ejemplo: Un cazador puede priorizar la energía remanente al llegar al objetivo, mientras que para un tirador de tiro al blanco esto es de muy poca importancia.

2.2. Lista de selección

Para realizar el proceso de selección se puede armar una lista preliminar de los posibles cartuchos con sus datos y luego ir descartando los que no cumplan con los criterios de selección del tirador, mientras se revisa las características de cada cartucho y las posibles distintas cargas de cada uno (tipo y peso de punta, carga y tipo de pólvora, etc).

Típicamente, la carga más adecuada de cada cartucho, es el que tenga la punta con mayor *coeficiente balístico* (ver sección 16.3.6.10.). Las puntas más livianas y más rápidas no son un buen criterio para elegir un cartucho para realizar disparos a distancias extremas dado que por lo general perderán su velocidad más rápidamente por la fricción con el aire.

Algunos datos que tendría que tener la lista son:

- Peso y tipo de punta
- Coeficiente balístico
- Velocidad inicial (del inglés: *muzzle velocity*) típica para esa carga

Para poder obtener la distancia máxima efectiva de cada cartucho, se necesita saber que velocidad remanente tiene cada proyectil a diferentes distancias (recomendable obtener datos hasta 1500 metros). La distancia máxima efectiva será la máxima distancia a la que la punta mantiene velocidad supersónica (por arriba de *Mach* 1), que sería aprox. 1100 fps o 340 m/s. La velocidad del sonido depende de la densidad del aire.

Otro dato que es bueno tener a mano es la energía remanente a distintas distancias para ver que tenga suficiente energía para que tenga el efecto deseado sobre el objetivo.

Luego de terminada la lista, se evalúa y se va eliminando los cartuchos que no cumplan el criterio seleccionado.



3. Selección del proyectil (punta o bala)

SNIPER 101 Part 4 - Bullet Dynamics

SNIPER 101 Part 5 - Bullet Selection

Como se trata en la sección anterior, uno de los principales componentes a determinar en la selección de un cartucho para disparos a larga distancia es la bala (punta), y una de las características principales para su selección es su *coeficiente balístico*, el cual en gran forma determina la balística exterior de la bala (con un coeficiente balístico alto, el proyectil se ve menos afectado por el viento, tanto en su desaceleración, como su desviación por el mismo). Aunque el coeficiente balístico es crucial para la selección de la bala para disparos a larga distancia, si el fusil se usa para caza o aplicaciones tácticas, hay que tomar en cuenta el diseño de la bala para evaluar el nivel de efectividad que tendrá una vez que llegue al objetivo. El nivel de efectividad dependerá en la naturaleza del objetivo, lo que lleva a la definición de balística terminal: es el estudio del efecto que tienen los proyectiles al impactar con distintos objetos.

Un ejemplo de selección podría ser que para tiro recreativo (metálicos, papel, etc) donde el criterio podría ser rendimiento en balística exterior, por lo que se pueden usar puntas de tiro (match) especialmente diseñadas para tener buen rendimiento en su viaje hacia el blanco, pero para caza o aplicaciones militares, el criterio sería la balística terminal, por lo que se necesitan puntas que soporten el impacto sin romperse por completo y logren penetrar lo suficiente en el blanco.

Muchas de las balas de tiro tienen la punta hueca, no para que expanda al impactar el blanco, sino por la forma en que es fabricada (ejemplo: *Sierra Match King*), aunque esto no hace que sea munición expansiva. Algunas balas vienen con una punta de polímero que ayuda a que expanda más además de mejorar el coeficiente balístico con respecto a balas de punta hueca.



Para el caso de caza media y mayor a larga distancia los criterios son:

- Penetración adecuada: para esto un indicativo puede ser la Densidad seccional de la bala. Esto se calcula como el peso de la bala en libras sobre el cuadrado del diámetro de la misma.
- Expansión adecuada: si la bala expande entrega mayor energía al objetivo que si pasa de lado a lado del objetivo y siguiera su movimiento. Si la bala expande demasiado limita la penetración.

4. Información general sobre el equipo

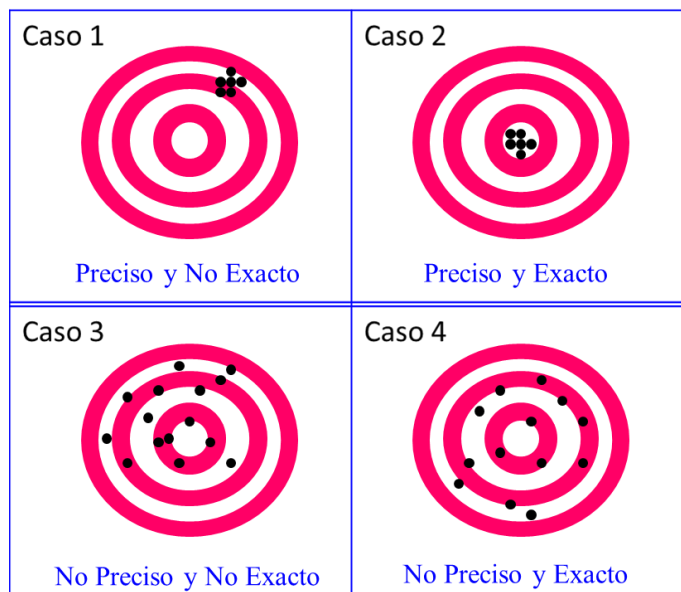
SNIPER 101 Part 6 - Equipment OVERVIEW

Para poder lograr impactos con un solo disparo a distancias extremas, el tirador debe tener las herramientas adecuadas.

Todas las partes del sistema de arma son el tirador mismo, el fusil y mira adecuada, munición adecuada, y además todas las herramientas periféricas necesarias para asistirlo en calcular una *solución de tiro* que permita compensar los efectos meteorológicos y ambientales que afectarán la trayectoria de la bala.

Dos factores fundamentales para realizar disparos a distancias extremas con el primer disparo, son la precisión (*precision*) y exactitud (*accuracy*), no solo en el fusil, sino también en las torretas de la mira telescópica y en la ejecución misma del disparo.

4.1. Precisión y Exactitud



Muchas personas piensan que ambos conceptos son sinónimos, pero no es así.

Exactitud: Es el grado de cercanía de una medida con el valor real.

Precisión: Es la reproductibilidad medida de un sistema bajo condiciones invariables.

En términos de tiro, un alto grado de *Precisión* sería evidente en grupos de tamaño pequeño, donde la mayoría de los disparos impactan prácticamente en el mismo lugar, mientras que un alto grado de *Exactitud* sería que los disparos

impactan donde se quiere (si se piensa en una diana entre 1 y 10, los disparos que impactan en el 10 son los más exactos).

4.2. Sistema de arma

Para poder realizar D.D.Ext., se necesita que se cumplan tanto la precisión como la exactitud, ya que no solo se quiere dar en el blanco, sino que se quiere hacerlo consistentemente, disparo tras disparo. Conseguir la exactitud recae principalmente en el tirador, el cual debe hacer su

parte para que el disparo vaya a donde tiene que ir, pero la precisión comienza con el sistema de arma, y termina con el tirador al momento de realizar el disparo, por lo que el tirador es el componente principal del sistema de arma.

El segundo componente más importante, es la *mira telescópica o mira óptica*. Si se consideran por un momento algunas de las cosas que son necesarias tener en cuenta para realizar un disparo a una distancia extrema y se toma en cuenta que es en la mira la donde se harán las correcciones, se puede recalcar la importancia de la mira óptica: ángulo de tiro, distancia del objetivo, presión atmosférica, temperatura, corrección de velocidad por la temperatura de la munición, humedad, altitud con respecto al nivel del mar, viento, movimiento de la tierra y algunas más. Para poder compensar todo lo anteriormente nombrado, se tiene que calcular e ingresar los datos adecuados en el mecanismo interno la mira telescópica usando las torretas de la misma, por lo que se quiere que esas configuraciones en la mira correspondan con exactitud y precisión con los cálculos realizados. Esto tiene como consecuencia que hay que prestar especial atención al elegir una mira telescópica de calidad aunque lo normal es que cuando se habla de disparos a largas distancias, los tiradores van directamente a la elección del fusil en vez de centrarse en la elección de la mira la cual va a ser específica según el propósito del tirador. Fusiles hay en mayor variedad de opciones y van a cumplir con las necesidades muy bien.

Componentes del sistema de arma

1. Operador/es: El tirador o Tirador y Observador.
2. Munición
3. Optica (mira)
4. Fusil
5. Equipamiento periférico: bipode, bolsas de arena, barómetro, anemómetro, termómetro, rangefinders, etc. (ver Capítulo 12.)

5. Vibraciones del fusil y ondas armónicas

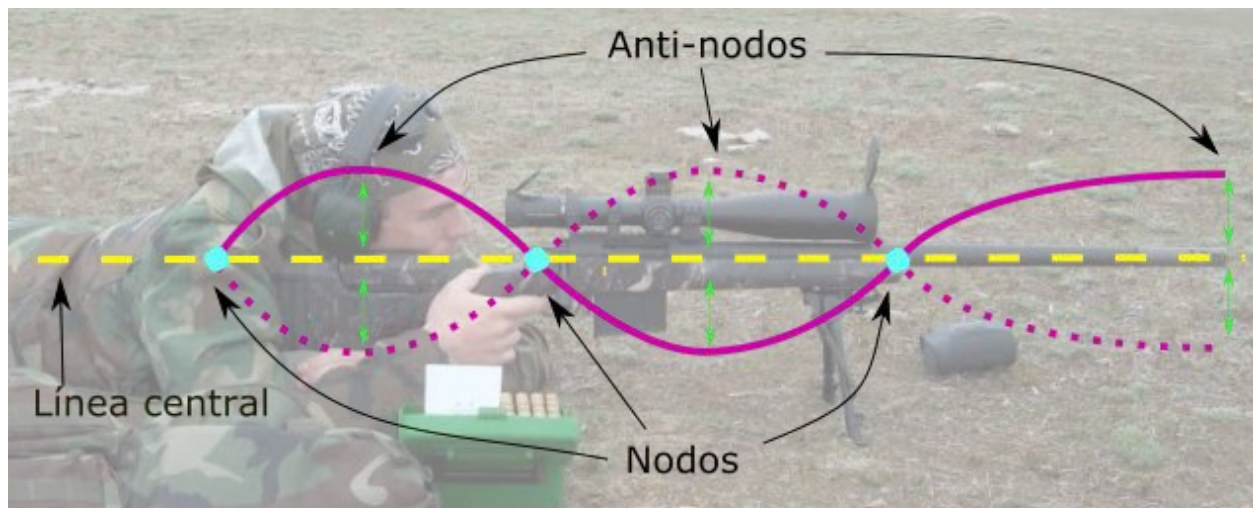
****SNIPER 101 Part 7 - Rifle Vibrations & Harmonics EXPLAINED****

Casi cualquier fusil se puede ajustar para que sea preciso. Un disparador super liviano o una culata ultra moderna con carrillera regulable no necesariamente hacen que un fusil sea más preciso. Si bien estos elementos asisten al tirador a usar el fusil más efectivamente, no son lo que hace que un fusil sea más preciso. Lo que hace que un fusil sea preciso es la consistencia entre disparos, y entre los factores que afectan la consistencia están las *vibraciones del fusil y ondas armónicas*, por lo que entender que es lo que pasa cuando se dispara y por qué sucede, ayudará al tirador a entender algunos problemas.

5.1. Vibraciones y ondas

Cuando se presiona la cola del disparador y se realiza un disparo, se producen una serie de vibraciones que se desplazan por todo el fusil (en especial en el cañón), hacia ambas direcciones, al igual que lo hace una cuerda de guitarra cuando se la hace vibrar. Esta serie de vibraciones, se conoce en física como “ondas estacionarias” (*standing waves* en inglés).

Las *ondas estacionarias* son aquellas ondas en las cuales, ciertos puntos de la onda llamados *nodos*, permanecen inmóviles. Los lugares donde la ondas tienen mayor amplitud se llaman *anti-nodos*.



Lo que se busca en un fusil para que tenga un alto grado de precisión, es la mínima cantidad de desviación de la bala al salir del cañón a causa de la vibración de los antinodos. Existen varias formas de lograr esto.

5.2. Aumentar la rigidez general del fusil

Reduciendo la amplitud de los antinodos, si la bala sale el cañón incluso cuando este está lejos la zona estable de los nodos -línea central- tendría una desviación menor. La forma más fácil de lograr reducir la amplitud de los antinodos es agregar rigidez al objeto que vibra. En contrapartida, si bien se reduce la amplitud de los antinodos, se aumenta la frecuencia de la vibración y por ende la cantidad de veces por minuto que la boca del cañón se mueve con respecto al eje, aunque muchos lo consideran un intercambio justo. En el ejemplo de la cuerda de guitarra se agrega rigidez tensando la cuerda, o acortando los extremos fijos presionando con los dedos (al vibrar con mayor frecuencia el sonido que genera es más agudo).

5.2.1 Rigidez del cañón

Una forma de aumentar la rigidez del fusil, es aumentando la rigidez del cañón. La rigidez depende del grosor del cañón en proporción con su longitud. Un cañón corto y grueso, será más rígido que uno largo y delgado. La manera más común de incrementar la rigidez del fusil, es usar un *cañón pesado*, aunque se puede usar uno más corto también con el mismo efecto (pero potencialmente reduciendo la velocidad inicial del proyectil). La rigidez del cañón también juega un rol importante en reducir otros efectos tales como deformación por calor (*heat warp* en inglés) además que un cañón pesado ayuda a mantener el fusil más estable y reduce el retroceso. La deformación por calor ocurre cuando el ánima del cañón no está perfectamente centrada con respecto al cuerpo del cañón, entonces al calentarse y dilatarse, lo hace de forma asimétrica lo que genera un cambio en el punto de impacto.

5.2.2. Ajuste de piezas del fusil

Otra forma de aumentar la rigidez del fusil, es ajustar la unión entre las piezas del fusil. Si se tiene una *acción* que está “floja” dentro de la culata, esto provoca grandes problemas: no solo la rigidez del fusil se ve afectada negativamente sino que también potencialmente la localización de los nodos y antinodos cambian constantemente entre disparo y disparo en relación a la boca del cañón. En un disparo la bala podría salir mientras la boca estuviese en la línea central durante la vibración armónica, mientras que en el siguiente disparo podría salir cuando la boca estuviese en el punto de máxima amplitud. La mayoría de los problemas de precisión pueden ser efecto de un tornillo flojo o un “lecho” (en inglés *bedding*, esto es la zona de la culata que entra en contacto con el fusil) que no estaba totalmente sólido entre la acción y la culata, o incluso un componente externo como un bípode que podría estar levemente flojo lo que causaría un cambio en las armónicas del fusil. Cualquier inconsistencia que afecte como el fusil vibra podría generar una desviación que podría tener como consecuencia que el disparo erre el objetivo. Hay que tener especial cuidado con las culatas de madera, ya que la humedad puede cambiar la forma de la misma y causar un acople pobre con la acción del fusil, al igual

que en culatas baratas de plástico de molde de inyección, donde las áreas de contacto entre la *acción* y la culata son muy finas.

Por lo tanto, es de vital importante verificar y ajustar todos los tornillos y asegurar un buen “lecho” entre la *acción* y la culata. No se explica aquí cómo hacer esto último, pero se puede encontrar bastante información al respecto en Internet, aunque por dar un ejemplo el lecho se puede hacer con fibra de vidrio o algún material epoxy.

5.2.3. Culata del fusil

Hay algunos diseños de culata que generan mayor rigidez en general que otros. Algunas de las culatas de alta gama de fibra de vidrio están construidas de una forma extremadamente sólida, son muy pesadas y dan muy buena rigidez al fusil. Lo mismo aplica para los chasis de aluminio que existen hoy en día. Las culatas clásicas de madera usualmente funcionan bien, mientras se mantenga un buen “lecho” entre la culata y la *acción* del fusil. La rigidez es la razón por lo que clásicamente, se usa madera dura para la culata de los fusiles.

5.2.4. Diseño de la Acción

La mayoría de las acciones de cerrojo disponibles tienen las características suficientes como para que sean aptas para disparos a distancias extremas, pero las acciones que dan mayor rigidez son las que tienen los montajes integrados en la acción, en comparación con las acciones que son abiertas por su parte superior. En estas últimas, se puede agregar rigidez agregando un montaje pesado arriba de la acción, en vez de usar un montaje de dos piezas. En este caso tomar en cuenta que hay que ajustar los tornillos muy firmemente.



En acciones de fusiles antiguos como los Mauser, se pueden encontrar unos “cortes” que se usaban para insertar los peines con los cartuchos (ver imagen). Estos cortes pueden reducir la rigidez de la acción un poco, aunque esto no quiere decir que no disparen bien, pero igual es algo a tomar en cuenta si se quiere analizar al detalle la rigidez.



5.3. Puesta a punto de las armónicas del fusil

Cuando el fusil vibra usualmente tiene cierta zona de tensión a lo largo de su longitud, donde las vibraciones de las ondas se originan, y estos son los nodos. Las zonas lejanas a los nodos son las que tendrán mayor vibración, y entre esas zonas está la boca del cañón.

La idea en la puesta a punto de las armónicas del fusil se refiere a ajustar el sistema para que el nodo delantero de las armónicas vaya lo más cercano posible a la boca del fusil, para que de este modo reduzca la amplitud de la onda en la boca del cañón, minimizando así la potencial desviación de los disparos. Algunos tiradores llegan a ese punto exacto de forma inconsciente, cuando acomodan el “lecho” (ver más arriba) o modifican el largo del cañón, u otras veces agregando algún dispositivo en la boca del cañón (frenos, compensadores, etc).

La puesta a punto es algo que los recargadores hacen desde hace tiempo sin saberlo, cuando buscan la carga que agrupe mejor. No sólo varían la posición de los nodos, sino que también la velocidad del proyectil que se acerca a la boca del cañón, por lo que sincronizan la salida del proyectil con una posición de la boca que sea óptima para el disparo.

Otra forma de lograr la puesta a punto, es tensionando el cañón en distintos lugares, hasta que el nivel de precisión sea maximizado. En los viejos fusiles Mauser o Lee Enfield, se pueden encontrar algunos tornillos con resorte dentro de la culata -hay que desarmar el fusil para verlos- por debajo del cañón, que mucha gente al deportivizar dichos fusiles eliminan esos tornillos, sin embargo estas piezas son *tensores de cañón* que ayudan a la puesta a punto del fusil, creando un nodo en un lugar específico del cañón.

6. Fusiles Semiautomáticos para Disparos a L.D.

SNIPER 101 Part 8 - Semi-Automatic Sniper Systems

Si bien las mayoría de acciones de cerrojo son adecuadas para disparos a larga distancia, las acciones semiautomáticas podrían ser más adecuadas para ciertas aplicaciones.

Se tiene que elegir el fusil acorde al cartucho que se haya elegido. Luego la selección dependerá de otros requisitos como confiabilidad, precisión típica, precisión eventual (en el mejor de los casos), y robustez.

Ejemplo:

Rifle	Base Cartridge	Typical Accuracy	Accuracy Potential	Overall Reliability	Overall Ruggedness
AR-15/M16	5.56x45 NATO	.75 - 1 MOA	< .5 MOA	B*	C
AR-15 (w/piston)	5.56x45 NATO	1 - 1.5 MOA	.75 - 1 MOA	A-	C+
FN SCAR	5.56x45 NATO	1 - 1.5 MOA	.75 - 1 MOA	A+	A
Robinson XCR	5.56x45 NATO	1.5 - 2 MOA	.75 - 1 MOA	A	B+
Sig 551/556	5.56x45 NATO	1 - 1.5 MOA	.75 - 1 MOA	A+	A
Ruger Mini-14	.223 Rem	1.5 - 3 MOA	1 - 1.5 MOA	A-	A
HK-93	5.56x45 NATO	1 - 1.5 MOA	.75 - 1 MOA	A	A
Bushmaster ACR	5.56x45 NATO	1.5 - 2 MOA	.75 - 1 MOA	A	B+
AK-74	5.45x39mm	1.5 - 3 MOA	1 - 1.5 MOA	A+	A+
AK-47	.7.62x39mm	1.5 - 3 MOA	1 - 1.5 MOA	A+	A+
FN FAL	7.62 NATO	1 - 1.5 MOA	.75 - 1 MOA	A	A
AR-10	7.62 NATO	.75 - 1 MOA	< .5 MOA	B*	C
HK-91/G3/G2	7.62 NATO	1 - 1.5 MOA	.5 - .75 MOA	A	A
M1A/M21/M-14	7.62 NATO	1.5 - 2.5 MOA	.75 - 1 MOA	B+	A
Dragunov/PSL	7.62x54R	1 - 1.5 MOA	.75 - 1 MOA	A-	A+
M1 Garand	30-06	1.5 - 2.5 MOA	.75 - 1 MOA	B+	A
Barrett M82	50 BMC	1.5 - 3 MOA	1.5 MOA	B	A

La precisión necesaria dependerá del tamaño del objetivo y la distancia. La confiabilidad y robustez dependerá en parte del clima y ambiente de la zona donde se usará el fusil.

Una cosa que hay que tener en cuenta con este tipo de acciones, es que tienen una tendencia a romper o descalibrar miras ópticas de vez en cuando. Esto se debe a que muchos tienen un “conjunto móvil” de cerrojo muy pesado junto con un resorte recuperador poderoso por lo que en cada disparo, la mira tiene que soportar las vibraciones del golpe del conjunto al cerrarse. De todas maneras, con una mira óptica apropiada estos fusiles pueden agrupar muy bien.

7. Accion de cerrojo y Selección de cañón

SNIPER 101 Part 9 - Bolt Action Design and Barrel Selection

7.1. Acción de Cerrojo

No hay mucho que hablar al respecto sobre las acciones de cerrojo y los disparos a largas distancias, desde el Remington 700 al Winchester modelo 70 o Mauser 1898, estos diseños de cerrojo básicos se han mantenido prácticamente invariables durante los últimos 110 años. Debido a estas similitudes entre los diseños modernos de cerrojo, los tiradores tienen numerosas opciones a la hora de seleccionar sus fusiles de cerrojo. La mayoría de los fusiles modernos de cerrojo de fuego central serán totalmente adecuados para aplicaciones de largo alcance.

7.2. Peso del cañón

Sobre la selección del cañón, se puede decir que muchas personas para aplicaciones de largo alcance utilizan *Bull Barrels*, que no es otra cosa que un cañón más grueso y pesado de forma cilíndrica (en comparación con los cañones típicos que tienen forma cónica). Se trata en la sección 5.2.1, sobre la rigidez del cañón y del problema de la deformación por calor (*heat warp*), y si bien esta deformación por calor es mínima, puede provocar también que el cañón toque la culata en otro lugar, y cambie las armónicas. Por esta razón muchos tiradores utilizan *cañón flotante*, que significa que el cañón no toca la culata en ningún punto de su longitud. Otra forma de evitar la deformación por calor es usar cañones de alta calidad donde el ánima está centrada con respecto al cuerpo del cañón. Como beneficio extra, un cañón pesado disminuye el relevamiento y el retroceso, por lo que si se está disparando con munición magnum esto es de gran ayuda. Hay que tomar en cuenta sin embargo el propósito del fusil, ya que si va a ser para cazar, se tendrá que cargar con el peso extra del cañón.

7.3. Largo del cañón

La regla de oro sobre el largo del cañón, es elegir el largo del mismo dependiendo del cartucho seleccionado. Generalmente, los cartuchos más potentes (como los cartuchos magnum) necesitan quemar mucha más pólvora para alcanzar su rendimiento óptimo, por lo que necesitan un cañón mucho más largo.

Ejemplos:

Cartucho	Largo de cañón necesario
50 BMG	Más de 28 pulgadas
7mm Remington Ultra magnum	28 pulgadas
.338 Lapua Magnum	26 pulgadas

En muchos contextos es preferible utilizar un cañón que sea demasiado corto y perder velocidad inicial a utilizar un cañón demasiado largo y perder precisión a causa de las armónicas.

7.4. Pase de Estrías (Twist Rate)

Este es tal vez el punto más importante en la selección del cañón. El pase de estrías se refiere a cuantas pulgadas de cañón tendría que recorrer un proyectil para dar un giro completo. Se representa como 1:X que se lee como 1 giro en X pulgadas (por ejemplo, con un pase de estrías de 1:12 el proyectil tendría que recorrer 12 pulgadas para dar un giro completo). Cuanto más grande es X, más lento es el giro. El pase de estrías se elige con respecto a la punta a utilizar.



Como se vió en secciones anteriores, al tratarse de aplicaciones para larga distancia seguramente se utilizarán puntas pesadas con perfil “alargado” dado que tienen mejor coeficiente balístico, por lo que probablemente se necesite un pase de estrías más “rápido” para poder estabilizar dichas puntas, en comparación con los pases de estrías para fusiles de caza que generalmente se utilizan con puntas más livianas y cortas y por lo tanto, con pases de estría más “lentos”. Sea como sea el caso, se necesitan ver las especificaciones del fabricante de puntas para saber cuál sería el pase de estrías óptimo. Una cosa a tener en cuenta es que no se quiere sobre-estabilizar la punta porque tendrá efectos negativos (más detalles en la sección 16.3.6.4.).

Tomar en cuenta que lo “rápido” y “lento” de los pases de estrías arriba descritos es de forma genérica, dado que no todos los rifles de caza utilizan puntas livianas. Siempre va a ser necesario investigar para saber que pase de estrías es el óptimo para cada punta. Ver sección 16.3.6.2. sobre Estabilidad del proyectil.

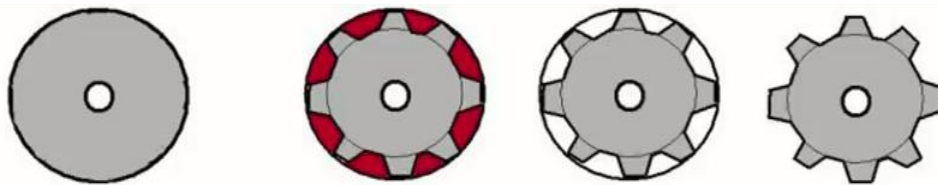
8. Formas del cañón, rigidez y enfriamiento

SNIPER 101 Part 10 - Fluted Barrel Rigidity and Cooling Dynamics

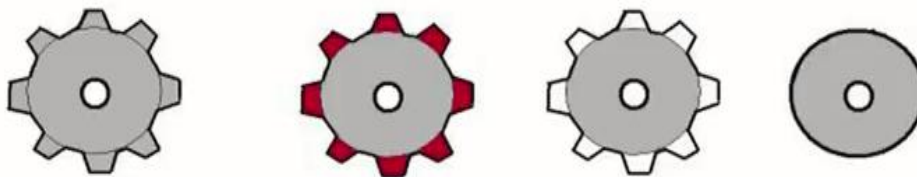
En el mercado existen varios tipos de diseño de cañón que tienen distintas formas (si se observa su corte transversal) y algunos con acanalado en su exterior. En este capítulo se explica qué propósito tienen estos tipos de cañones.



8.1. Diseño Acanalado



En la imagen anterior se ve cómo se obtiene un cañón acanalado a partir de un cañón de sección circular. La primera consecuencia es la reducción de la masa del cañón y por ende su peso. La segunda consecuencia es un aumento en la superficie exterior del cañón que tendrá un efecto positivo en la disipación del calor, aunque sea en menor medida. La regla de oro que hay que entender aquí, es que al remover material se reduce la rigidez del cañón.



Si se toma el cañón acanalado y se le saca más material y se vuelve a obtener un cañón de sección circular, se pierde rigidez, aunque se tenga nuevamente un cañón con sección circular, dado que el resultado es un cañón como el original pero más delgado. Lo importante aquí no es si el cañón es acanalado o no, sino el diámetro del cañón (a mayor diámetro mayor masa).

8.2. Diseño Triangular



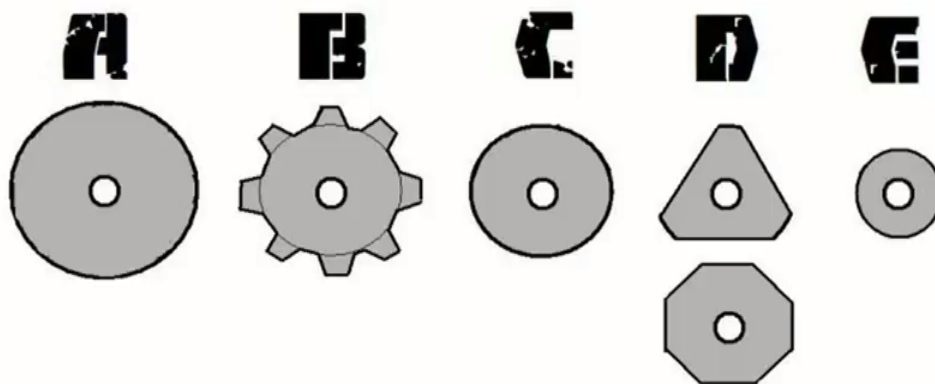
En la imagen anterior se ve cómo se obtiene un cañón de sección triangular a partir de un cañón de sección circular quitando material. De nuevo, como el caso anterior, al remover material el cañón pierde rigidez. En este caso la superficie exterior del cañón se ve reducida comparada con la superficie original, en vez de aumentarla.

8.3. Diseño Octagonal



En la imagen anterior se ve cómo se obtiene un cañón de sección octogonal a partir de un cañón de sección circular quitando material. En este caso el material removido es mucho menor que en los casos anteriores por lo que la rigidez del cañón será similar al original, aunque esto va contra el objetivo de remover material que es la reducción de peso.

8.4. Diferencias entre los diseños



En la imagen anterior están todos los perfiles anteriormente mencionados y ordenados de mayor a menor con respecto a su rigidez (suponiendo que todos los cañones tienen el mismo largo).

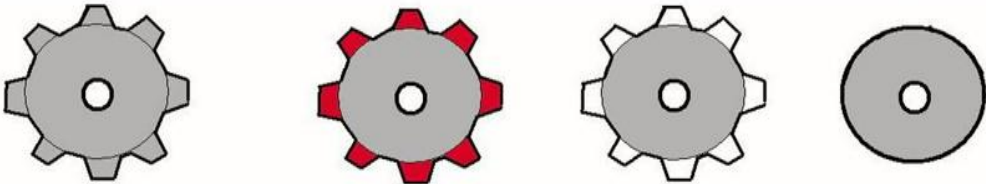
- A. Este es el *bullbarrel*. Este es el que tiene mayor cantidad de material y es el más rígido y pesado.
- B. Removiendo un poco de material del anterior se obtiene el cañón acanalado que mantiene algo de la rigidez del anterior, pero es un poco más liviano.
- C. Este es un cañón más liviano que el anterior y menos rígido. En comparación con el primero tiene menor diámetro (menos material) y el equivalente al diámetro interior del cañón acanalado (B).
- D. Removiendo un poco de material del anterior, se obtiene el de perfil triangular u octagonal ambos con rigidez similar (suponiendo que tienen la misma área de sección).
- E. Aquí si a partir del cañón de diseño triangular y se elimina material, se obtiene otro cañón de sección circular, pero de mucho menor rigidez comparado con los anteriores.

De nuevo, lo que hay que ver es el área de la sección transversal del cañón para poder comparar. Puede haber cañones acanalados con mayor rigidez que algún cañón de sección circular, o un cañón de sección triangular con mayor rigidez que un cañón acanalado.

Importante: Si se comparan dos cañones con el mismo peso pero uno es acanalado y otro con sección circular, el acanalado tendrá ventajas sobre el de sección circular (mayor rigidez y mayor área exterior, pero con el mismo peso).

Barrels of Equal Weight

0.850" Fluted vs 0.700" Non-Fluted



- Weight **SAME**
- Rigidity: **25% Increase** with .850" fluted barrel
- Surface Area Increase (per fluted area only): **>90%**

8.5. Calentamiento y Enfriamiento del cañón

Para entender bien las dinámica de calentamiento y enfriamiento del cañón, hay que tener presente la primer ley de termodinámica que sería algo como lo siguiente:

“La energía total de un sistema cerrado es constante; la energía puede transformarse de una forma a otra, pero no puede ser destruida o creada.”

En el contexto del tiro, la energía existe en forma de “energía química” dentro del propelente del cartucho y el fulminante. En el momento de la deflagración, la energía química se convierte en energía cinética, térmica, etc. De estas cosas hay tres factores que provocan que el cañón se caliente: Los gases calientes, la fricción de la punta contra el cañón y la onda de compresión que ocurre en el núcleo del acero.

Luego de realizado el disparo y que el cañón se haya calentado, ocurrirá la *conducción y convección térmica*.

- *Conducción térmica*: es un proceso de transmisión de calor basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia, por el que el calor fluye desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura que está en contacto con el primero.
- *Convección térmica*: es un proceso de transmisión de calor que se caracteriza porque se produce por medio de un fluido (líquido o gas) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.

Entonces, un lado del cañón está más caliente que el otro lado, por lo que la energía se transmitirá por el cañón hacia el lado más frío (conducción), mientras a su vez, el calor se transmite al fluido que rodea el cañón que es el aire (convección). Si la masa del cañón es mayor, el calor puede distribuirse más ampliamente en comparación de un cañón con menos masa. Por ejemplo, si se disparan diez disparos con dos fusiles, con los mismos cartuchos, y uno tiene un cañón pesado y otro uno liviano, al tacto el del cañón liviano estará mucho más caliente que el de cañón pesado, pero la cantidad de calor que tiene cada uno es la misma.

Si además de todo esto se toman en cuenta los cañones acanalados, que su superficie exterior es mayor en comparación a uno de sección circular, si bien la masa es reducida en comparación con este último (comparando dos cañones del mismo diámetro), tiene mayor capacidad de disipación de calor justamente por su mayor superficie (mejora convección). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el acero tiene un coeficiente de transferencia de calor alto y el aire tiene un coeficiente de transferencia de calor bajo.

Es importante tomar en cuenta el tema de la temperatura del cañón ya que esto afecta la vida útil del mismo sobre todo en las zonas más susceptibles del mismo (ver sección 13.2.3. sobre *Erosión del Cañón*).

9. Opciones para el disparador

SNIPER 101 Part 11 - Trigger Options

El disparador modificado existe con el propósito de ayudar al tirador y no para ayudar al fusil. Cualquier fusil con un disparador militar de dos tiempos va a disparar igual de bien que un disparador de tiro “al pelo”. Reducir el recorrido o el peso del disparador, va a ayudar al tirador a realizar su parte de una forma mejor, pero el disparador no va a cambiar mecánicamente la precisión del fusil.

Lo importante es elegir el tipo de diseño de disparador dependiendo de la aplicación. Los diseñadores de los distintos disparadores, lo diseñaron tomando en cuenta su aplicación, por lo que los disparadores para tiro al blanco serán apropiados justamente para eso, al igual que un disparador para caza, será apropiado para caza, y un disparador militar para aplicaciones militares. En situaciones de caza o combate, la adrenalina puede afectar severamente la motricidad fina, por lo que un disparador demasiado liviano podría provocar disparos involuntarios. Además, un clima extremo, como humedad, frío extremo, ambiente polvoriento, etc, podría afectar el disparador para tiro al blanco o incluso trancarlo, por lo que es aquí donde un viejo diseño de disparador militar tosco de dos tiempos, muestra su valor.



10. Selección del Fusil

SNIPER 101 Part 12 - Rifle Selection (1/2)

SNIPER 101 Part 13 - Rifle Selection (2/2)

Luego de la selección del cartucho necesario para la tarea particular que se realizará, es necesaria la elección del fusil. Es muy probable que no se utilice el mismo fusil para cazar que para realizar tiro al blanco. De todas maneras, es importante aclarar que sin importar el fusil que se elija, se puede ajustar para que dispare bien. Estos fusiles podrían ser incluso viejos fusiles militares, que no tengan fama de ser precisos, pero siguiendo los lineamientos vistos en las secciones anteriores, pueden cumplir el criterio necesario para disparos a larga distancia.

En las siguientes líneas se revisará algunas de las elecciones de Rex de manera muy breve.

Remington Modelo 700 ADL, 7mm Rem Magnum, cañón de 26 pulgadas (66cm).



Este modelo de fusil de caza, Rex lo compró por USD 200. Tiene unos 35 años de antigüedad y le rehizo la culata en madera de nogal. Si bien este fusil no tiene una configuración como para tiro de precisión, agrupa en menos de 1 MOA. Es un fusil muy cómodo para llevar, bastante liviano. Una desventaja es que al ser liviano y ser un calibre grande, el retroceso es bastante fuerte.

Savage Modelo 10 FP, .308 Win, cañón de 20 pulgadas (50,8 cm) culata sintética.



Este fusil tiene *bullbarrel* de 20 pulgadas. Este fusil costó cerca de USD 500. Hay rumores de que con la carga adecuada, podría hacer grupos de ¼ MOA, aunque en particular Rex consiguió grupos de 1 MOA. El retroceso no es del todo malo. Es un gran opción para aplicaciones tácticas dado la disponibilidad de la munición.

Winchester Modelo 70, configuración de tiro/alimañas (Varmint), calibre .223.



Importante en este tipo de fusiles hacer coincidir el “twist rate” del cañón con las balas, dado que para largas distancias es probable que se elijan puntas más pesadas que las estándar.

Ruger M77 Mark II VT (Varmint), .243 win, cañón de acero inoxidable de 26 pulgadas



Este tiene culata “Varmint” de madera laminada. Las colas del disparador diseñadas por Rugger funcionan muy bien en ambientes extremos. En este caso particular, Rex aclara que el fusil agrupa muchísimo mejor cuando el cañón está sucio con restos de cobre. Ver sección 13.2.4.1.

Remington 700 Police, 7mm Rem Magnum, Cañón de 26 pulgadas con freno de boca



Como el retroceso es bastante brusco, el freno de boca ayuda a que sea más placentero de disparar, aunque hay otras alternativas para disminuir el retroceso sin aumentar el sonido del disparo (producidos por los gases que salen despedidos hacia atrás por el freno de boca).

Armalite AR-10A4 Carbine, 7.62x51/.308Win, cañón liviano de 16 pulgadas



Una buena plataforma semi-automática para disparos a larga distancia. No siempre es necesario tener un cañón largo y pesado para realizar disparos a larga distancia. En este caso, con un cañón liviano de 16 pulgadas es efectivo hasta 600 metros.

DPMS Panther, .308Win Fusil de tiro, cañón pesado Match de acero inoxidable.



Un buen fusil si no se lo va a estar cargado de un lado para otro, salvo que el que lo haga esté en muy buena forma. Este modelo no afecta tanto las miras ópticas como otros fusiles semiautomáticos por el efecto del cerrojo golpeando con fuerza la acción.

Armalite AR-50 & AR-30 en .50bmg, .338Lapua Mag, .300Win Mag o .308Win



Estos fusiles tienen recamara Match, por lo que se debería tener cuidado con las dimensiones de los cartuchos; es recomendable utilizar munición Match. Otra cosa a considerar es que son realmente muy pesados (los AR-50, no así los AR-30). La culata es de aluminio por lo que no hay que preocuparse por deformaciones por cambios de temperatura como podría pasar con una culata de madera.

11. Miras Ópticas para Disparos a Larga Distancia

SNIPER 101 Part 14 - Scopes for Extreme Long Range Shooting

De todas las partes del equipo que se discuten en el documento, hay una en la cual no puede ser seleccionada de forma precipitada y es la mira óptica. Hay muchas miras a la venta que pueden parecer deseables para disparos a larga distancia, pero realmente una muy pequeña cantidad son apropiadas para D.D.Ext.. Se reitera el hecho de que la mayoría de las miras ópticas están diseñadas para cumplir con una aplicación muy específica, por lo que la selección dependerá de la tarea particular (caza mayor, control de plagas, disparo a metálicos, etc).

Cabe destacar algo que ya se trata en capítulos anteriores, y es que la mira tiene que tener una precisión y exactitud alta en cuanto a sus torretas y además ser lo suficientemente robusta para poder hacerlo cientos o hasta miles de veces.

Aquí se ven algunas de las condiciones que tiene que soportar la mira óptica. Cuando el tirador esté en “el campo”, en movimiento, tal vez no tenga el fusil en una caja dura, sino que lo tendrá con él, y si está en condiciones poco amigables, tal vez la mira pueda recibir algún golpe, por lo que tiene que ser robusta y que no pierda la puesta a cero (que no se desajuste).

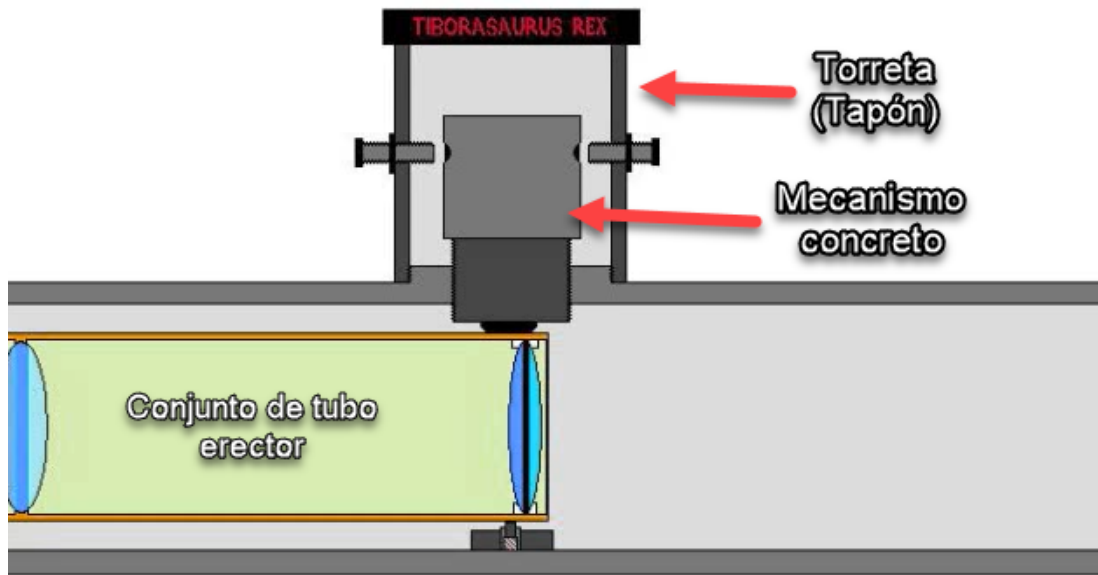
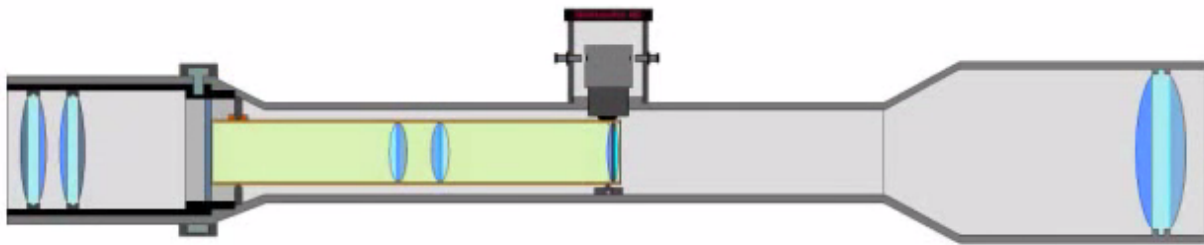
En relación al retículo que se necesita (para las mediciones), tiene que ser extremadamente preciso, ya que si tiene aunque sea 1/10 de MRAD de error, causará un cálculo de distancia con un error enorme.

11.1 Torretas de la Mira Óptica (Scope Turrets)

SNIPER 101 Part 15 - Scope Turrets (1/2)

SNIPER 101 Part 16 - Scope Turrets (2/2)

Las torretas de la mira son los “diales o perillas” que permiten ajustar la mira óptica para poder ingresar las correcciones y poder compensar por distancia, viento, humedad, etc y así dar en el blanco. Una de las torretas es para ajustar elevación mientras que la otra está para ajustar deriva. Su diseño es bastante simple, básicamente es un tornillo muy grande que al girar la torreta, aprieta lo que se llama *conjunto de tubo erector* (en inglés *Erector Tube Assembly*) que es un pequeño tubo dentro de la mira, el cual se mueve físicamente dentro de la mira cuando se ajustan las torretas. En la parte opuesta del tornillo de las torretas hay un resorte que empuja en la dirección opuesta a esta. Este tubo junto con las torretas es la parte que tiene que tener un buen diseño y calidad para tener la precisión y exactitud necesaria para poder realizar todas las compensaciones para realizar D.D.Ext., y que cuando se ajuste la torreta utilizando las marcas exteriores de la torreta, la mira cambie en la misma medida que se marca en el dial de la torreta. Es decir, si se mueve la torreta usando las marcas, en 4 MOAs (ver más abajo) se quiere que la corrección sea exactamente 4 MOAs, no 3.9 o 4.1 MOAs. Esto se llama “*tracking*”, y **es extremadamente importante**.



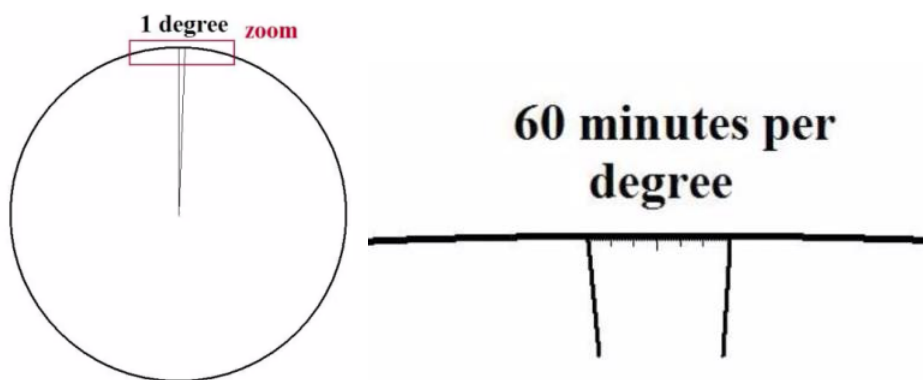
Existen varios tipos de torretas, como por ejemplo de perfil bajo, como las utilizadas en las miras deportivas, donde las torretas están cubiertas por un tapón con rosca, y para moverlas se necesita presionar con el dedo o usar un destornillador. Estas no van a funcionar para disparos a distancias extremas, ya que no sólo no son prácticas de utilizar, sino que no están diseñadas para tener un buen tracking (un click podría variar en medida angular de tanto en tanto), sino que son para calibrar la mira a cierta distancia y utilizarla de esa manera. En estos casos se suele utilizar la técnica de “point blank range” también llamada “*combat zero*” o cero de combate, donde se calibra el fusil de tal manera que para cierto tamaño de *zona vital*, el fusil dé en esta zona vital (un poco más arriba o poco más abajo dependiendo de la distancia, pero en la zona vital) si el tirador apunta al medio y el objetivo está dentro de cierto rango de distancias (ejemplo desde 5 metros hasta 150 metros). Los programas balísticos tienen funciones para poder optimizar el PBR.

Otro tipo de torreta son las de tiro (*Target Turrets*). Estas varían mucho de calidad y muchas veces tienen exactamente el mismo mecanismo interno que las miras deportivas de las cual se trata más arriba pero con torreta con escala numérica. Hay que tener cuidado al comprar.

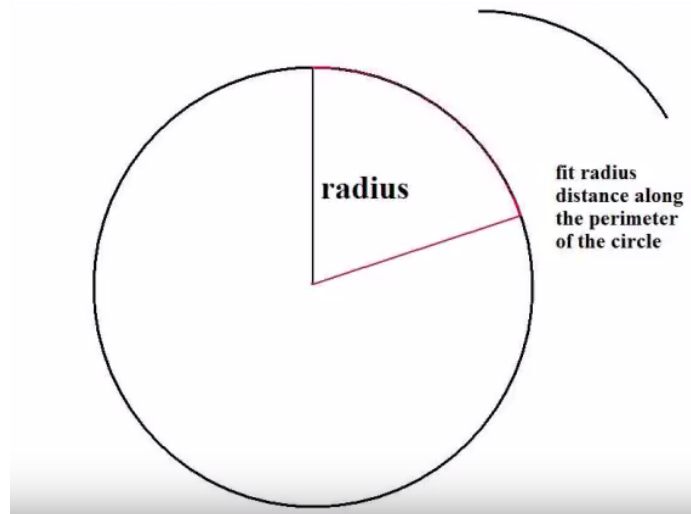
11.1.1. Unidades de medida angular

Las medidas utilizadas en las miras son en valor angular y se suele utilizar dos unidades distintas:

La primera que se suele utilizar es *Minutos de Ángulo (Minutes of Angle)* o MOAs que equivale a $1/60$ de 1° (un círculo tiene 360°).



La segunda que se suele utilizar es *miliradianes*, también denominado como MRADs o MILs que equivale a $1/1000$ de un radián. Un radián es equivalente al ángulo formado al tomar el radio de un círculo, colocarlo a lo largo de su perímetro y luego uniendo ambos extremos de la curva con el centro del círculo -un círculo tiene 2π radianes o cerca de 6,283185 radianes-. En los retículos MIL-DOT, la distancia angular entre los centros de cada par de puntos, es un miliradian (se hablará de esto más adelante).



Sea cual sea la medida que se use, es recomendable que tanto la torreta como el retículo, usen el mismo sistema de medida para facilitar la operación de la mira, sino sería muy confuso tener que estar convirtiendo las mediciones entre ambos sistemas.

1 MRAD ~ 3.44 MOAs

Usualmente se usa la equivalencia de que 1 MOA es igual a 1 pulgada a 100 yardas (91,44 metros), pero eso es una aproximación, ya que 1 MOA son 1,0472 pulgadas a 100 yardas. De la misma forma, se puede decir que 1 MRAD es 10cm a 100 metros.

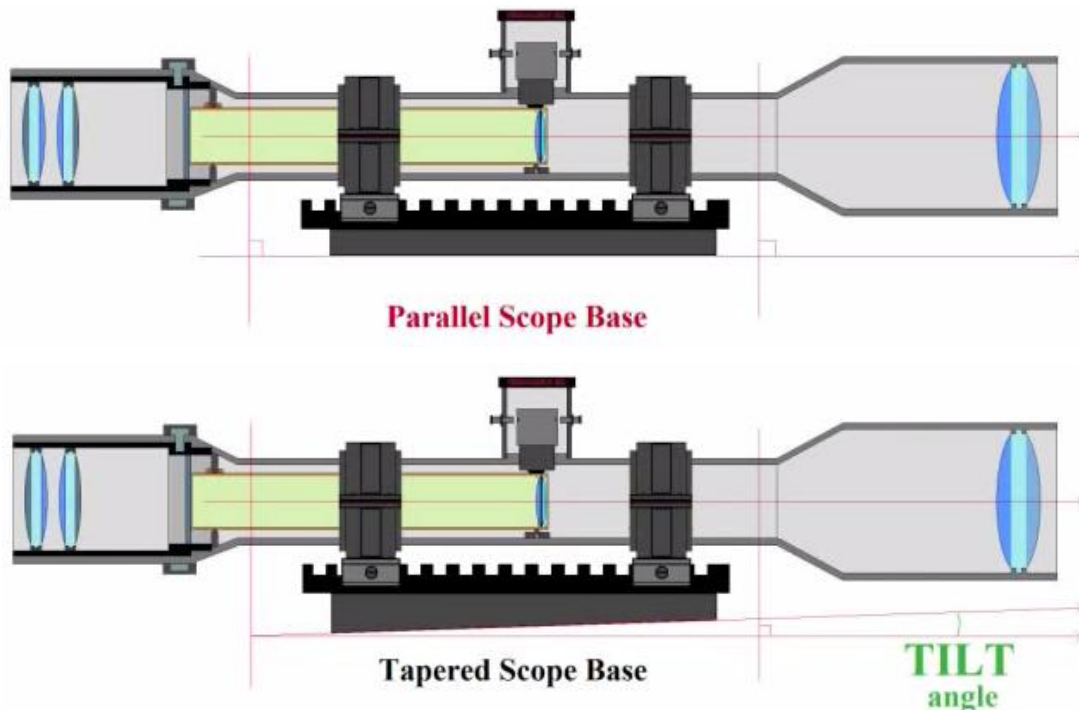
La mayoría de torretas que están graduadas con MOAs, generalmente están marcadas como $\frac{1}{4}$ de MOA por click, por lo que 4 clicks son 1 MOA. Hay otras que están graduadas con $\frac{1}{2}$ de MOA y con $\frac{1}{8}$ de MOA. Estas últimas no son recomendadas para D.D.Ext. ya que para hacer ajustes se tiene que girar la torreta mucho más (el doble) que con las graduadas con $\frac{1}{4}$ de MOA. Si bien las de $\frac{1}{8}$ MOA están bien para tiro al blanco, lo recomendable sería utilizar las de $\frac{1}{4}$ de MOA.

En el caso de las torretas graduadas en MRADs, por lo general están graduadas en 1/10 de MRADs.

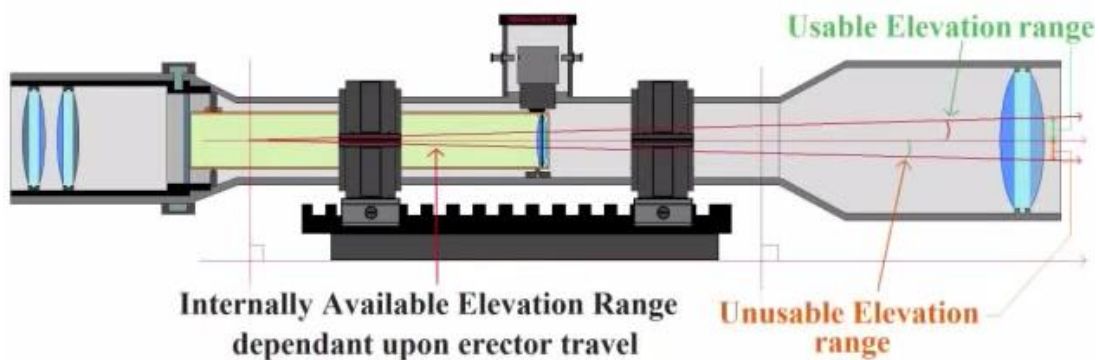
11.1.2 Rango total de ajuste

Una cosa importante que se tiene que tener en cuenta es el rango total de ajuste que tiene la mira, particularmente en el rango de elevación; en otras palabras: se requiere que la mira soporte la cantidad de ajuste adecuada para que el tirador pueda llegar con sus disparos a dónde quiere llegar, que son distancias muy muy lejanas, sin que se tope con el problema de quedarse sin posibilidad de corregir la elevación.

Hay formas de compensar este tipo de problemas, y es usar bases para miras en ángulo, en vez de las paralelas, aunque en algunos fusiles esto no es posible, ya que la base es integral al fusil.



Para el resto de los casos, se quiere una mira que tenga el rango de ajuste necesario para D.D.Ext.. El rango recomendado es un mínimo de 60 MOAs de ajuste total, lo que deja 30 MOAs utilizable y 30 MOAs no utilizable en elevación.



Dado que el rango de ajuste depende del movimiento del tubo erector, cuanto mayor sea el tubo de la mira, mayor rango de ajuste tendrá. De todas maneras siempre se tiene que tener en cuenta el cartucho que usará, ya que por ejemplo, si la máxima distancia efectiva fuera 1000 metros como mucho, no se necesita tanto nivel de ajuste como otros cartuchos que tengan distancia efectiva de 1700 metros o más.

Para poder determinar el rango de ajuste necesario, viendo la caída total de la bala del cartucho que se usará a su máxima distancia efectiva (máxima distancia donde la bala tiene velocidad supersónica) o la máxima distancia a la que se disparará (la que sea menor) y se calcula esta caída en MOAs o MRADs (usando trigonometría por ejemplo o usando un programa balístico) y luego se busca una mira que tenga un rango de ajuste usable vertical acorde. En caso de utilizar una base de mira en ángulo, también tomar en cuenta este ángulo.

$$\frac{\text{caída (en m)}}{\text{distancia (en m)}} = \text{TAN}(\alpha) = A, \text{ donde } \alpha \text{ es el ángulo buscado.}$$

α es el ángulo buscado en Grados o Radianes dependiendo del modo de la calculadora.

$$\text{ARCTAN}(A) = \alpha$$

Si α está en grados, $\alpha \times 60$ da como resultado el ángulo en MOAs.

Si α está en radianes, $\alpha \times 1000$ da como resultado el ángulo en MRADs.

Una fórmula aproximada de calcular la caída en MRADs sin utilizar funciones trigonométricas es la siguiente:

$$\frac{\text{caída (en mm)}}{\text{distancia(en m)}} \approx \text{ángulo en MRADs}$$

Hasta 50 MRADs esta última fórmula tiene un error menor al 0.08%.

Recordar que 1 MRAD ~ 3.44 MOAs



Ej: A una distancia de 900 m con una caída de 6,7m (6700 mm) se puede calcular el ángulo en MRADs de la siguiente manera:

6700 mm / 900 m ~ 7,44 MRADs (para pasar a MOAs se multiplica por 3.44, o sea 25,6 MOAs).

Si se utiliza una base de mira en ángulo, suponiendo de 10 MOAs (2.9 MRADs), la mira necesitaría 4,54 MRADs o 15,6 MOAs de rango de ajuste en vez de los 7,44 MRADs o 25,6 MOAs calculados anteriormente.

11.1.3 Unidades de elevación por revolución

Otra cosa importante que hay que tener en cuenta con las torretas es cuantas unidades de elevación se tienen por cada revolución de la torreta, o dicho de otra manera, la cantidad de MOAs o MRADs que se mueve la línea de mira cada vez que se gira la torreta 360°.

Para D.D.Ext., se necesitará ingresar correcciones bastante altas en la mira, por lo que ocurre con muchas miras que luego de la primera vuelta, se tendrá que empezar a sumar y a contar

las vueltas para saber en qué valor está regulado el fusil. Esto se vuelve un poco confuso, por eso una mira cuyas torretas tengan mayor cantidad de MOAs o MRADs por vuelta es más práctica que una que tiene menos cantidad. Muchos de los modelos de miras tienen marcas en las torretas para contar la cantidad de vueltas que se dio a la misma, o incluso algunas tienen doble numeración para no tener que sumar (por lo menos en las dos primeras vueltas si esa mira permite más de dos). Otro detalle es que algunas miras no tienen “ZeroStop” (luego de puesto a cero el fusil, se configuran las torretas para que la torreta no baje más, con una tranca mecánica, por lo que se puede bajar la torreta hasta este tope para volver al cero original del fusil), entonces volver al 0 original se vuelve difícil si se pierde la cuenta de la cantidad de vueltas.



Algunos ejemplos:

“Leupold Mark 4” tiene 15 MOAs por giro.

“US Optics SN-3” tiene 22 MOAs por giro.

Algunas “Nightforce” tienen 20 MOAs por giro.

11.2. Mejores miras ópticas de la historia

SNIPER 101 Part 17 - TOP Sniper Scopes in History - Overview

Existen ciertas ideas equivocadas sobre las miras ópticas y su aplicabilidad para disparos a larga distancia. La primera y más grande equivocación es pensar que cuanto más aumento tenga la mira mejor será la mira. Algunos se podrían sorprender con la cantidad de aumentos que tenían en las miras sus fusiles los francotiradores más exitosos del mundo. La segunda equivocación, es pensar que una mira con aumento variable siempre es mejor.

La siguiente lista de francotiradores famosos está ordenada por sus supuestas muertes confirmadas. Cabe destacar aquí una aclaración: **Rex no pretende en ningún momento**

glorificar la acción de matar ni hacer la guerra. La siguiente tabla solo se utiliza por su valor educativo.

Ranking	Kills	Country	Name
1	702	USSR	Mihail Ilyich Surkov (4th rifle division)
2	601	USSR	Vladimir Gavrilovich Salbiev (71 and 95 Guards rifle divisions)
3	534	USSR	Vasiliy Shalvovich Kvachantiradze (259th rifle regiment)
4	502	USSR	Ahat Abdulhakovich Ahmetianov (260 rifle regiment)
5	500+	Finland	Simo Hayha
6	~500	USSR	Ivan Mihailovich Sidorenko (1122nd rifle regiment)
7	494	USSR	Nikolay Yakovlevich Ilyin (50th Guards rifle regiment)
8	487	USSR	Ivan Nikolayevich Kulbertinov (23rd separate ski brigade)
9	456	USSR	Vladimir Nikolayevich Pchelintsev (11th rifle brigade)
10	446	USSR	Nikolay Yedokimovich Kazyuk
11	441	USSR	Pyotr Alexeyevich Goncharov (44th Guards rifle regiment)
12	437	USSR	Mihail Ivanovich Budenkov (59th Guards rifle regiment)
13	429	USSR	Fyodor Matveyevich Ohlopkov (1243rd, 234th, 259th rifle regiment)
14	425	USSR	Fyodor Trofimovich Dyachenko (187th rifle regiment)
15	422	USSR	Vasiliy Ivanovich Golosov (81st Guards rifle regiment)
16	422	USSR	Stepan Vasilievich Petrenko (59th Guards rifle regiment)
17	418	USSR	Nikolay Ivanovich Galushkin (50th division)
18	417	USSR	Afanasiy Yemelianovich Gordienko (136th Guards rifle division)
19	397	USSR	Tuleugali Nasyrhanovich Abdybekov (8th Guards rifle regiment)
20	378	Canada	Francis Pegahmagabow
21	367	USSR	Semen Danilovich Nomokonov
22	362	USSR	Ivan Petrovich Antonov (160th separate rifle company)
23	360	USSR	Gennadiy Iosifovich Velichko (1008th rifle regiment)
24	350	USSR	Ivan Grigorievich Kalashnikov (1st Guards artillery regiment)
25	349	USSR	Abduhagi Idrisov (1232nd rifle regiment)

Si se observa hay muchos rusos en esta lista, y una de las razones es que en la Segunda Guerra Mundial uno de los principales sistemas de combate de los rusos fueron los equipos de francotiradores. En la segunda guerra fue uno de los primeros tiempos donde se usaron extensivamente los equipos de francotiradores.

Algunos ejemplos de la lista son: *Mikhail Surkov* que usó un Mosin Nagant M91 con mira 4x PU con 702 muertes confirmadas, o *Simo Häyhä* que también usó una versión del Mosin Nagant pero Finlandés pero con **miras abiertas** y con más de 500 muertes confirmadas. De las miras disponibles para los Mosin Nagant, estaban las miras PU y PE, con 3.5x y 4x de aumento, ambas miras muy toscas para los estándar actuales, pero rústicas y resistentes.

La conclusión que se puede obtener de todo esto, es que más importante que el equipo que se utilice, es lo que se hace con este y el nivel de entrenamiento que tenga el que lo usa.

Country	Rifle	Cartridge	Optical Sight	Magnification
Australia	Model 82	7.62 NATO	Kahles ZF-69	6
Austria	SSG-69	7.62 NATO or .243 Win	Kahles ZF69	6
Belgium	FN Model 30-11	7.62 NATO	FN	4
Czech Republic	VZ54	7.62 X 54 Rimmed	PSO-1	4
Finland	Vaime SSR-1	7.62 NATO	S&B PMII	3-12
France	FR-F1 Tireur d'Elite	7.62 NATO or 7.65 X 54	Model 53 bis	4
Germany	Mauser SP66	7.62 NATO	Zeiss-Diavari ZA	1.5 - 6
	Walther WA 2000	7.62 NATO	Zeiss-Diavari	2.5 - 10
	Walther WA 2000	7.5x55 Swiss	Zeiss-Diavari	2.5 - 10
	Walther WA 2000	.300 Win Magnum	Zeiss-Diavari	2.5 - 10
	HK PSG-1	7.62 NATO	Zeiss-Hensoldt	6
Israel	GALATZ	7.62 NATO	Nimrod 6x42	6
Italy	Berretta	7.62 NATO	Zeiss-Diavari	1.5 - 6
Netherlands	AWM-F	.338 Lapua Magnum	S&B MP11	10
Switzerland	Sig SG-510-4	7.62 NATO	Kern	4
United Kingdom	L42A1 (Enfield Mk4)	7.62 NATO	L1A1	6
	Model 85	7.62 NATO	Ballistic Cam	6
	L96A1	7.62 NATO	L1A1	6
	L115A1 AWSM	.338 Lapua Magnum	S&B PM11	3 - 12
United States	M40A1	7.62 NATO	Unertl MST-100	10
	M24 SWS	7.62 NATO or .300 Win Mag	Leupold M3A	10
	Barrett Model 82	.50 BMG	Swarovski	10
Russia	Dragunov	7.62 X 54 Rimmed	PSO-1	4
	Mosin Nagant M91	7.62 X 54 Rimmed	PU or PE	3.5 or 4
Yugoslavia (former)	M76 Sniper Rifle	7.92, 7.62X54R, or 7.62 NATO	PSO-1	4

Viendo la lista de qué ópticas usan los principales fusiles de francotirador de todo el mundo, se puede ver que la gran mayoría no supera los 10x de aumento, siendo solamente dos fusiles los que superan este valor. También se pueden ver varios con 4x o 6x de aumento fijo. Nota: datos obtenidos del manual *FM-23-10-Sniper-Training-Field-Manual*.

No se necesita una mira con aumentos extremos para poder realizar D.D.Ext!

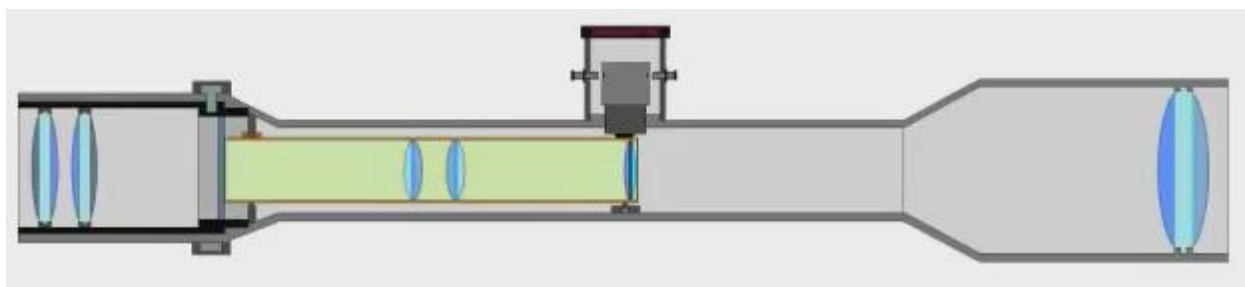
11.3. Miras con aumento fijo vs aumento variable

SNIPER 101 Part 18 - Variable vs Fixed Magnification Scopes

En este capítulo se comparan las miras con aumento fijo contra las miras con aumento variable, para tener una mejor perspectiva de los distintos factores que involucra cada tipo de mira y poder elegir acorde a los parámetros de la tarea particular a realizar (tamaño del blanco, distancia, si el blanco se moverá, aspectos ambientales, etc).

Una de las más grandes diferencias entre ambos tipos de miras, cuando se comparan dos miras de la misma calidad de fabricación y rango de precio, es que hay una gran diferencia en durabilidad y robustez, ambas cosas a favor de la mira de aumento fijo por tener menos partes

móviles. En la mira de aumento variable, dentro del tubo erector, se agregan los lentes que tendrán movimiento (hacia atrás y adelante) que permiten obtener el aumento visual.



Esto no quiere decir que siempre las miras de aumento variable van a ser menos resistentes que las de aumento fijo, ya que hay miras de aumento variable de gama alta, que son más resistentes que otras miras de gama más baja con aumento fijo.

11.3.1. Retención del cero

Otra característica que hay que prestarle atención es a la *retención del cero*, que sería la capacidad de la mira en permanecer calibrada. En la miras de aumento fijo, el tubo erector sería la única parte móvil dentro del tubo de la mira, pero en las miras de aumento variable, dentro del tubo erector, hay otras partes móviles (lentes que se mueven para adelante y atrás por ejemplo) que hace que la retención del cero pueda ser un problema. Esto se puede ignorar para aplicaciones deportivas donde los blancos están a relativamente corta distancia, pero para realizar disparos a distancias extremas, podría llegar a ser un problema. Recordar que en estos casos, el cambio de aumento podría provocar un cambio en el “cero”, que a distancias extremas, podría hacer fallar el disparo.

11.3.2. Claridad Óptica y Transmisión de luz

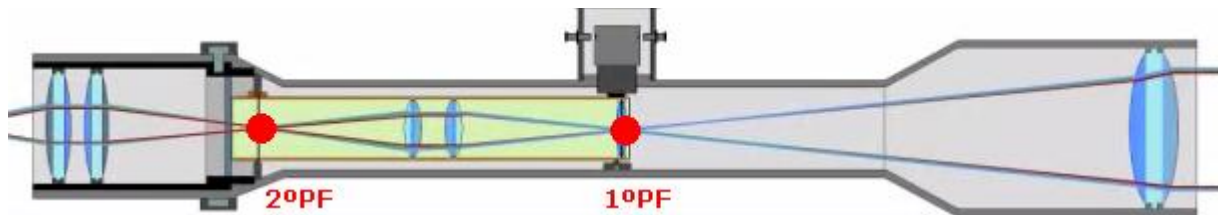
La claridad óptica se refiere a que tan claro se puede ver el objetivo a través de los lentes. Si se compara una mira de aumento fijo con otra de aumento variable, ambas del mismo rango de precio, seguramente la de aumento variable tenga menor claridad óptica que la de aumento fijo por el hecho de que la de aumento variable tiene lentes extras para genera el aumento variable, que tal vez dispersen y distorsionen la luz si el lente tiene alguna imperfección.

11.3.3. Retículo y planos focales en miras con aumento variable

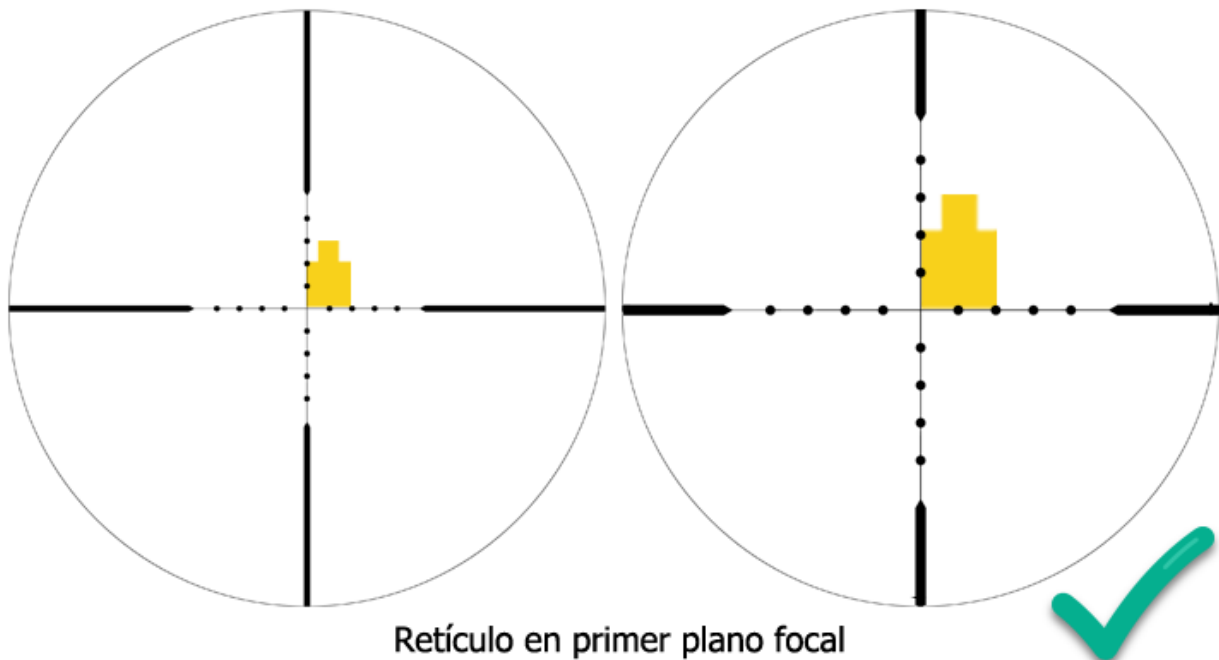
Para poder realizar disparos a distancias extremas, es necesario poder utilizar eficazmente los retículos de medición (en MOAs o MRADs) no solo para calcular la distancia al objetivo, sino también para poder compensar por los distintos factores que afectan la trayectoria del proyectil. Para esto, se tienen que tomar en cuenta ciertas características de la mira si la misma tiene

aumento variable para no cometer un error de medición. Las miras de aumento fijo no tienen este problema.

Para entender este punto completamente, es necesario entender que es el *Primer Plano Focal* (1ºPF) y el *Segundo Plano Focal* (2ºPF). El 1ºPF es el primer punto donde los haces de luz convergen (punto focal) luego que entran en la mira, luego de esto se invierten dentro del tubo erector y vuelven a converger en el 2ºPF. El retículo de la mira, se encuentra en alguno de estos dos planos.



Si el retículo se encuentra en el 1ºPF, la imagen que se ve del mismo variará de tamaño junto con la imagen del blanco al incrementar o decrementar el aumento de la mira. Si el retículo está en el 1ºPF, la medida de la escala angular del retículo será correcta sin importar el valor del aumento actual.



Si el retículo se encuentra en el 2ºPF, al cambiar el aumento de la mira, la imagen del retículo se mantendrá igual mientras la del blanco cambiará (un blanco podría medir 3 MRADs de altura con el aumento al mínimo, y 5 MRADs de altura con aumento al máximo). Como consecuencia

de tener el retículo en el 2ºPF es que la escala angular (ya sea en MOAs o MRADs) del retículo sólo será correcta en cierto aumento de la mira, y será incorrecto en todos los demás.



Por otro lado la ventaja de tener el retículo en el 2ºPF es poder poner el aumento al máximo para ver mas grande el objetivo mientras que el retículo en comparación queda mas chico. Esto puede ser útil para control de plagas (*Varmint*) por ejemplo pero no para D.D.Ext.

Para poder realizar disparos a distancias extremas, **en caso de utilizar una mira con aumento variable, se requiere que el retículo esté en el 1ºPF** (que la imagen del retículo cambie de tamaño junto con el blanco), dado que poder calibrar la mira con el aumento exacto donde la medida angular del retículo es correcta, en situaciones de stress (ya sea combate o caza) es muy difícil o incluso puede suceder que el tirador se olvide por completo de cambiarlo, además que una pequeña diferencia en el aumento introduciría un error importante en las mediciones.

11.3.4. Consistencia del aumento de la mira y psicología bajo estrés

Cuando se habla de disparos a larga distancia para aplicaciones militares o de caza, donde se está bajo estrés, lo mejor es que el tirador esté acostumbrado a ver los objetos siempre igual a través de la mira, e incluso poder usar su intuición para determinar una distancia aproximada, es por esto que por lo general las miras utilizadas por francotiradores son de aumento fijo, además de las otras ventajas anteriormente descritas.

11.4. Poder de Aumento de las miras Ópticas

SNIPER 101 Part 19 - Scope Magnification Values

11.4.1. Consideraciones generales

Para poder determinar qué poder de aumento es necesario -ya sea fijo o variable-, se tienen que considerar varios factores.

- Tarea particular a realizar
 - Control de alimañas, Tiro al blanco, combate, caza, etc.
- Distancia al blanco
 - Si el blanco está extremadamente lejos, tal vez sea necesario más aumento.
- Tamaño del blanco
 - Un blanco muy pequeño será más difícil de ver con poco aumento, al igual que un blanco muy grande puede ser difícil de enfocar con demasiado aumento.
- Movimiento del blanco
 - Hay que considerar si el blanco se va a mover o no. Con mucho aumento se tendrá menos campo de visión (*“field of view”* en inglés) por lo que puede ser más difícil mantener el blanco en el campo visual.

11.4.2. Distancia ocular

La *distancia ocular* (en inglés, *“eye relief”*) es la distancia entre el lente ocular de la mira y el ojo. Para fusiles con mucho retroceso, es deseable una distancia ocular de 3 a 4 pulgadas (entre 7.5 cm a 10 cm) para que en el momento del retroceso no golpee el ojo del tirador.

11.4.3. Transmisión de luz

La transmisión de luz también se ve afectada por el poder de aumento, generalmente cuanto mayor poder de aumento, menor será la luz transmitida (se verá una imagen menos clara, o con menos brillo). Muchos tiradores piensan que cuanto mayor sea el aumento, mejor se verá el blanco, pero así no es como funciona dado que la claridad de la imagen depende en gran parte de la calidad de los lentes que componen la mira, por lo que si la mira es de baja calidad y con mucho aumento la imagen que se verá será distorsionada o poco nítida, porque el aumento no solo aumentará el tamaño aparente del objetivo sino que también incrementará los errores de la mira y sus lentes.

11.4.4. Diámetro de pupila de salida (*“Exit Pupil Diameter”*)

El *diámetro de la pupila de salida* es el diámetro del haz luminoso que sale del lente ocular. Se obtiene dividiendo el diámetro del lente objetivo en mm por el poder de aumento de la mira

(cuanto más aumento, más reducido será el diámetro de la pupila de salida); el resultado está expresado en mm. En otras palabras, es el tamaño de la imagen proyectada que sale del lente ocular, que será proyectada en el ojo del tirador.

Ejemplos

Lente objetivo	Aumento	Pupila de salida
42 mm	6x	7 mm
42 mm	10x	4.2 mm
42 mm	16x	2.6 mm
50 mm	6x	8.3 mm

El ojo humano puede apreciar una pupila de salida de aproximadamente 7 mm, menos de eso dará la sensación de estar mirando a través de una cerradura por lo que no es cómodo. Con una pupila de tamaño mayor a 7 mm, en parte se estaría desperdiciando el tamaño de la pupila de salida, aunque puede hacer que sea más fácil que “el ojo la encuentre”. De esta forma, se podrá adquirir el objetivo más rápidamente, aunque en el caso de que el paralaje no esté bien ajustado, si el ojo no está bien centrado podría afectar el punto de impacto.

Recordar que: Cuanto más aumento, menor será la pupila de salida.

11.4.5. Poder de aumento según la tarea particular del tirador

- Aplicaciones Militares: Francotiradores (*snipers*) / Tirador selecto (*Sharpshooters*):
 - Distancias típicas que van desde 100 m a 1200+ m
 - Militares de EE.UU. usan aumento fijo de 10x. A muy cortas distancias, el campo de visión es limitado, pero en si es un poder de aumento bastante versátil.
 - En ciertos casos se podrían notar beneficios de usar 12x o 16x pero en la mayoría de los casos, es demasiado.
- Policía / SWAT sniper
 - No aplica criterio de miras para disparos a larga distancia.
 - Distancias típicas que van desde 40 m a 60 m.
 - Pocos casos registrados con disparos a más de 100 m.
 - Para D.D.Ext., esto es considerado Point blank range.
 - En este caso, es recomendable una mira de buena calidad de aumento variable, con retículo en cualquiera de los planos focales.
- Caza a larga distancia
 - Depende que presa se vaya a cazar.
 - Caza mayor

- Aumento de 10x puede ser adecuado.
- Caza menor
 - Aumento de 6x puede ser adecuado hasta 800 m.
 - 10x si la distancia es superior, pero no si el objetivo está muy cerca por el campo de visión reducido.
- Alimañas rápidas
 - El campo de visión es crucial!
 - 4x o 6x podría ser lo adecuado.
 - Mira con aumento variable de buena calidad sería otra opción, con retículo en primer plano focal.
- Alimañas lentas
 - Se podría llegar a usar una mira de 10x, dependiendo de la alimaña.
- Tiro al blanco solamente
 - No habría mayor problema si se exagera en el poder de aumento.
 - Aunque una mira de 10x podría ser la mejor opción por la versatilidad de poder usarla para otras aplicaciones.

11.5. Tamaño de los lentes objetivos y retículos efectivos

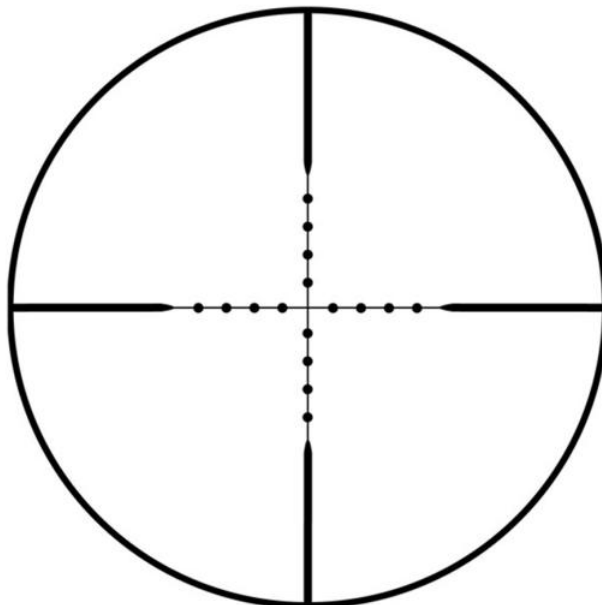
SNIPER 101 Part 20 - Effective Reticles and Objective Lens Sizes

11.5.1. Retículos potenciales para disparos a larga distancia

Existen múltiples tipos y versiones de retículos para elegir que podrían ser adecuados para D.D.Ext., y otros tantos que no lo serán. La recomendación es que los retículos tengan una medida angular que se pueda utilizar (aquí se verán algunos solamente).

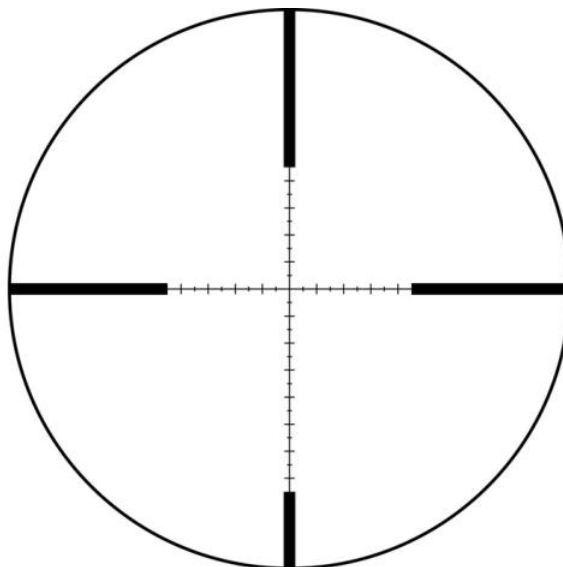
- MIL-Dot
- MIL-Scale
- BDC (bullet-drop compensating)
- SVD Type
- MOA Scale
- Crosshair, Duplex, etc

MIL-Dot



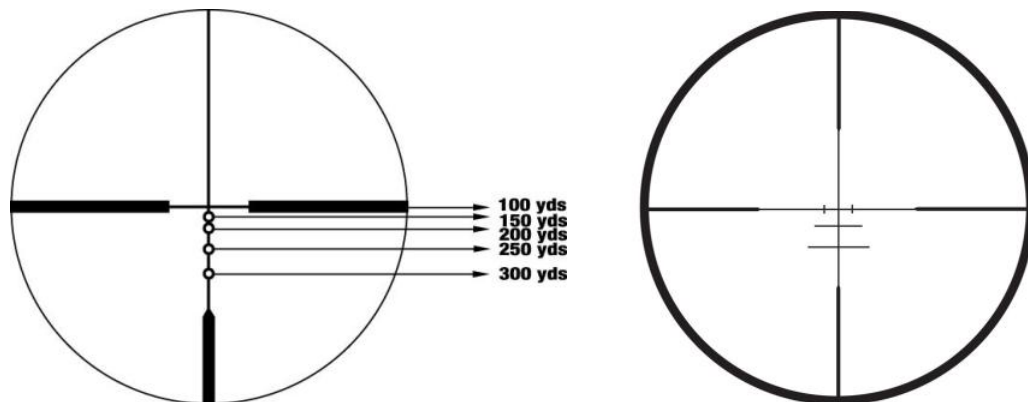
La separación entre cada punto es 1 MRAD. A su vez, los puntos tienen también una medida específica que permite hacer mediciones menores a 1 MRAD. Ver sección 17.4. sobre *Utilización de retículos para determinación de distancias*.

MIL-Scale o MOA-Scale



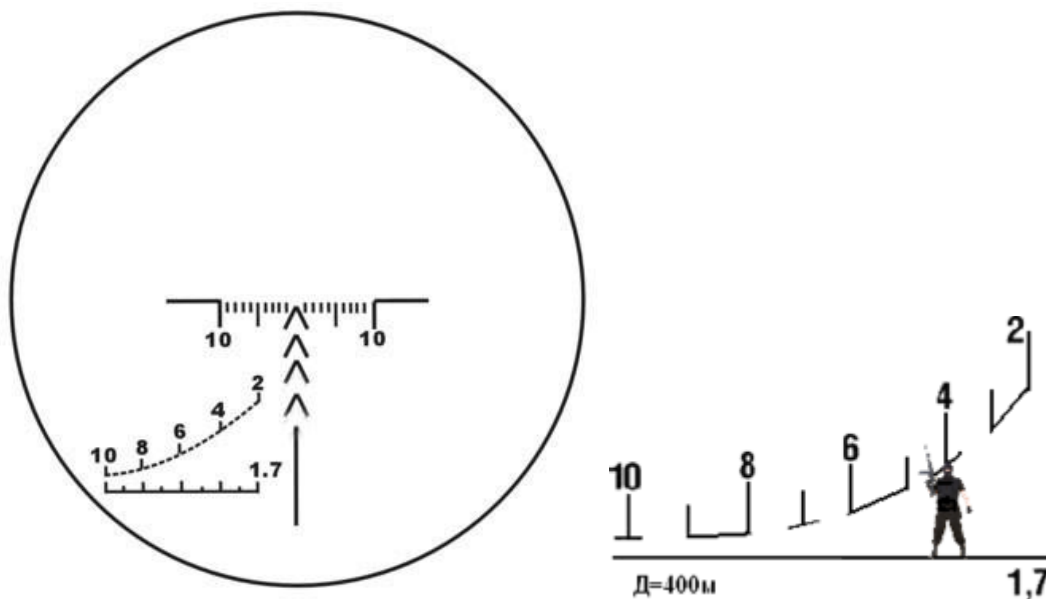
Este retículo permite medir en MRADs o MOAs, salvo que en vez de puntos, son líneas.

BDC (bullet-drop compensating)



Este tipo de retículos permite tener varios puntos de mira (“*aiming points*”) a varias distancias predeterminadas y está calibrado para un determinado cartucho en particular.

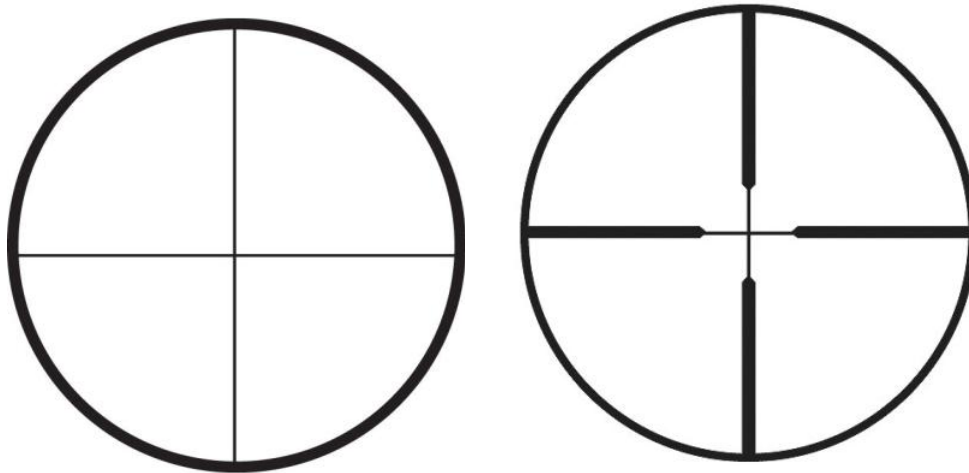
Tipo SVD



Este retículo, al ser pensado como un retículo de combate, tiene una particularidad que permite estimar la distancia usando la altura de una persona promedio (asume 1.7m de altura). Se posiciona el retículo de tal manera que la persona “quede parada” y tocando con la cabeza la línea curva con los números; el número indicado arriba, multiplicado por 100, da como resultado la distancia al objetivo en metros. En el caso de la mira PSO-1 que utiliza este retículo, luego de estimar la distancia, se ajusta la torreta que está marcada con distintas distancias (en vez de medida angular). Pasados los 1000 m se configura la torreta a 1000 m y

se compensa utilizando los chevrons (una pequeña “v” invertida). Como el caso anterior, este retículo es eficaz para un determinado cartucho y determinadas condiciones atmosféricas.

Crosshair, Duplex, etc



Este tipo de retículos simplemente tiene un punto de mira y no tiene referencias: no es adecuado para D.D.Ext..

La recomendación es utilizar un retículo simple y claro como el MIL-Dot, ya que es más sencillo y a su vez cumple con los requerimientos para ajustes y cálculo de distancia. Además los puntos son más prácticos para las mediciones comparando con los MOA o MIL scale, aunque también son adecuados.

Recordar: cualquier retículo que se utilice será totalmente inútil si no está en el primer plano focal, incluso si de alguna manera se sabe en qué “poder de aumento particular” el retículo tendrá relativamente la medida adecuada. Si el la mira es de aumento fijo esto no aplica. Ver sección 11.4. sobre *Poder de aumento*.

11.5.2. Lentes Objetivos

Cuanto mayor sea el tamaño del lente objetivo, mayor potencial para captar la luz tendrá, por lo que se verá el objetivo mucho más claro. Es deseable lentes de la mayor calidad posible (ver sección 11.6.) dado que el tamaño no es solo lo que determina la claridad, sino la calidad. Para ciertas tareas -particularmente combate-, los lentes objetivos grandes pueden reflejar la luz y de esa manera dar a conocer la posición del tirador, por lo que es algo a tener en cuenta.

En el ámbito militar, el tamaño popular de lente objetivo está cerca de los 40 mm. No es necesario un lente objetivo mucho más grande que 40mm para D.D.Ext., aunque hay que tener en cuenta que es uno de los parámetros que determina el tamaño de la pupila de salida.

11.6. Calidad de las miras ópticas

****SNIPER 101 Part 21 - Scope Quality by Brand****

11.6.1. Calidad de las miras por marca

Hay que considerar la calidad del tracking de las torretas, la calidad de construcción, la robustez, la calidad general y las características específicas de la mira. La siguiente lista es de ejemplo, y puede depender de las miras localmente disponibles.

		Reticle	Internal	Optical		GENERAL	
		Turret	Build	Clarity	Overall	Quality	Features
Make	Model	Tracking	Quality	Glass	Ruggedness	Score	Score
Barska	Tactical Riflescope	F	F	C	D	D	C
BSA	Mil-Dot Riflescope	F	F	D	F	F	F
Burris	Xtreme Tactical	B	B	B	B	B	D
Bushnell	Elite Tactical	B	C	B	D	C	C
Falcon	Menace	B	C	C	C	C	A
IOR Valdada	10X42 Tactical	A	A	B	A	A	A
IOR Valdada	3-18X42 Tactical	A	A	B	B	B	A
Leupold	3.5-10x40 Mark 4 LR/T	A	B	B	C	B	B
Leupold	M3A	A	B	B	B	B	B
Millet	TRS-1 Tactical	B	C	C	C	C	D
Nikon	Monarch X 30mm	A	B	B	C	B	D
Nightforce	3-15X50 F1 NXS	A	A	A	B	A	A
NcStar	6-24x50 Mark III 30mm	F	F	F	F	F	F
Nikko Stirling	6-24x56 Targetmaster	D	D	C	D	D	F
Premier Reticles	Heritage 5-25x56	A	A	B	B	B	A
Schmidt & Bender	5-25x56 Police Marksman	A	A	A	B	A	A
Schmidt & Bender	10X42 Police Marksman	A	A	A	A	A	A
Swarovski	10X42 Barrett	A	B	A	B	B	D
SWFA	Super Sniper	A	B	B	A	B	A
Tasco	6-24x44 Target / Varmint	C	C	C	D	C	F
Unertl	MST-100	A	A	A	A	A	B
US Optics	10x44 ST-10	A	A	A	A	A	A
Vortex	5-20x50 Razor HD 35mm	A	A	B	B	B	A
Weaver	3-15x50 Tactical	B	B	B	C	B	A
Zeiss Tactical	4-16x56 Tactical Hensoldt	A	A	A	B	A	A

Make	Model	Tube	Mag.	Reticle	Focal Plane	Elevation	Windage	Features	Score	Price
Barska	Tactical Riflescope	1"	3-12	Mil-Dot	1st	1/4 MOA	1/4 MOA			\$159.00
BSA	Mil-Dot Riflescope	1"	4-16	Mil-Dot	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA			\$69.95
Burris	Xtreme Tactical	30mm	6-24	Mil-Dot	2nd	1/4 MOA	1/4 MOA			\$1028.95
Bushnell	Elite Tactical	1"	10X	Mil-Dot	N/A	1/4 MOA	1/4 MOA			\$249.00
Falcon	Menace	30mm	4-14	EMD	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$359.95
IOR Valdada	10X42 Tactical	30mm	10X	MP8	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$719.00
IOR Valdada	3-18X42 Tactical	35mm	3-18	MP8	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$1529.00
Leupold	3.5-10x40 Mark 4 LR/T	30mm	3.5-10	Mil-Dot	1st	1/4 MOA	1/4 MOA			\$1499.95
Leupold	M3A	30mm	10X	Mil-Dot	N/A	1 MOA	1/2 MOA			\$1499.96
Millet	TRS-1 Tactical	30mm	4-16	Mil-Dot	2nd	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$309.95
Nikon	Monarch X 30mm	30mm	4-16	Mil-Dot	2nd	1/4 MOA	1/4 MOA			\$1399.95
Nightforce	3-15X50 F1 NXS	30mm	3.5-15	Mil-Dot	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$2290.00
NcStar	6-24x50 Mark III 30mm	30mm	6-24	Mil-Dot	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA			\$129.95
Nikko Stirling	6-24x56 Targetmaster	30mm	6-24	Mil-Dot	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA			\$399.95
Premier Reticles	Heritage 5-25x56	34mm	5-24	Mil-Dot	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$3402.00
Schmidt & Bender	5-25x56 Police Marksman	34mm	5-25	Mil-Dot	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$3498.00
Schmidt & Bender	10X42 Police Marksman	30mm	10X	Mil-Dot	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$1948.95
Swarovski	10X42 Barrett	30mm	2.5-15	Tree	N/A	N/A	N/A			\$2349.00
SWFA	Super Sniper	30mm	10X	Mil-Dot	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$299.00
Tasco	6-24x44 Target / Varmint	1"	6-24	crosshair	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA			\$139.95
Unertl	MST-100	1"	10X	Mil-dot	N/A	BDC	1/2 MOA			\$4200.00
US Optics	10x44 ST-10	30mm	10X	Mil GAP	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$1589.00
Vortex	5-20x50 Razor HD 35mm	35mm	5-20	EBR-2B	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$1999.00
Weaver	3-15x50 Tactical	30mm	3-15	EMDR	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$729.95
Zeiss Tactical	4-16x56 Tactical Hensoldt	34mm	4-16	NH1	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD			\$3562.95

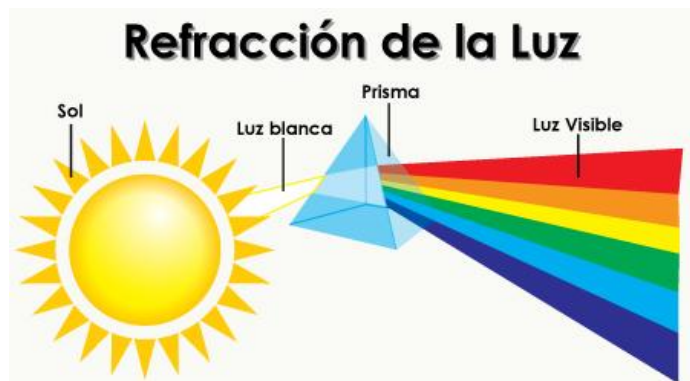
11.6.2. Tipos de lentes

Existen varios tipos de lentes: cromático, acromático y apocromáticos. La mayoría de las miras modernas usan lentes acromáticos.

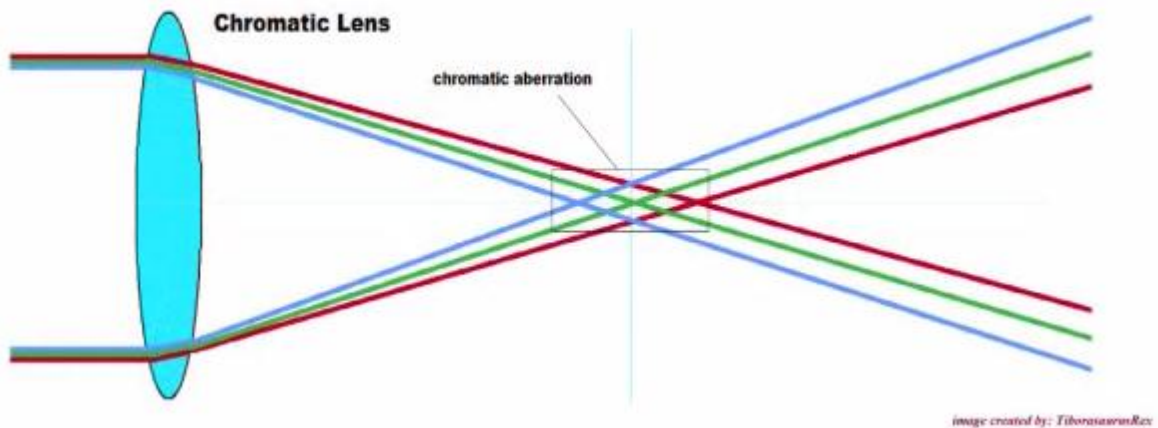
Para poder explicar los distintos tipos de lentes, hay que entender el concepto de "refracción de la luz".

Obtenido de Wikipedia:

La refracción se produce cuando la luz pasa de un medio de propagación a otro con una densidad óptica diferente, sufriendo un cambio de rapidez y un cambio de dirección si no incide perpendicularmente en la superficie. Por otro lado, la velocidad de la penetración de la luz en un medio distinto del vacío está en relación con la longitud de la onda y, cuando un haz de luz blanca pasa de un medio a otro, cada color sufre una ligera desviación (distinta).

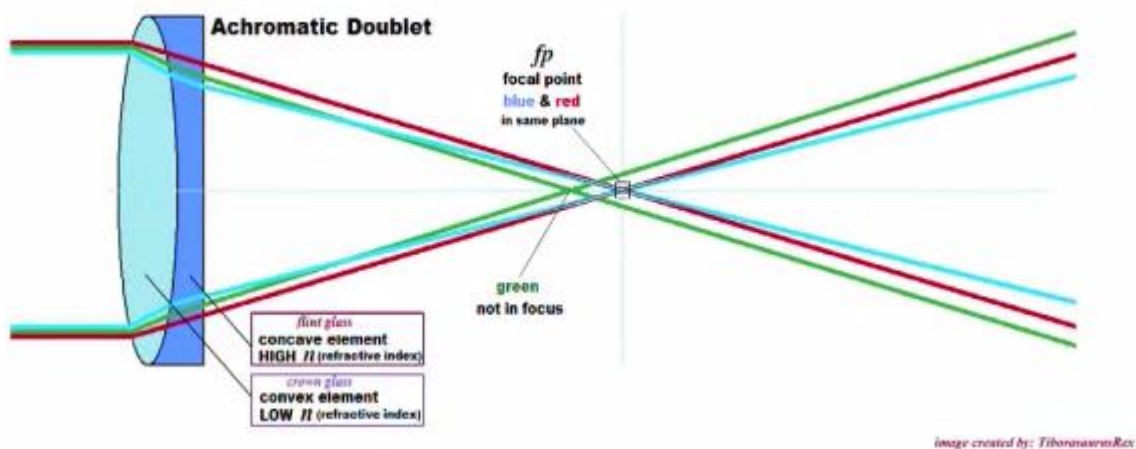


Lentes Cromaticos



Estos tipos de lentes están formados por una sola pieza de cristal (en los lentes baratos, incluso muchas veces ni siquiera es cristal), y no se suelen usar más en la actualidad. Cuando la luz pasa del aire al lente, se refracta y cada componente de luz dependiendo de su longitud de onda, se refracta con un ángulo distinto como se ve en la imagen. Esto lleva a que los haz de luz no convergen exactamente en el mismo plano focal, lo que provoca una *aberración cromática*, que tiene como consecuencia que el objetivo se vea borroso.

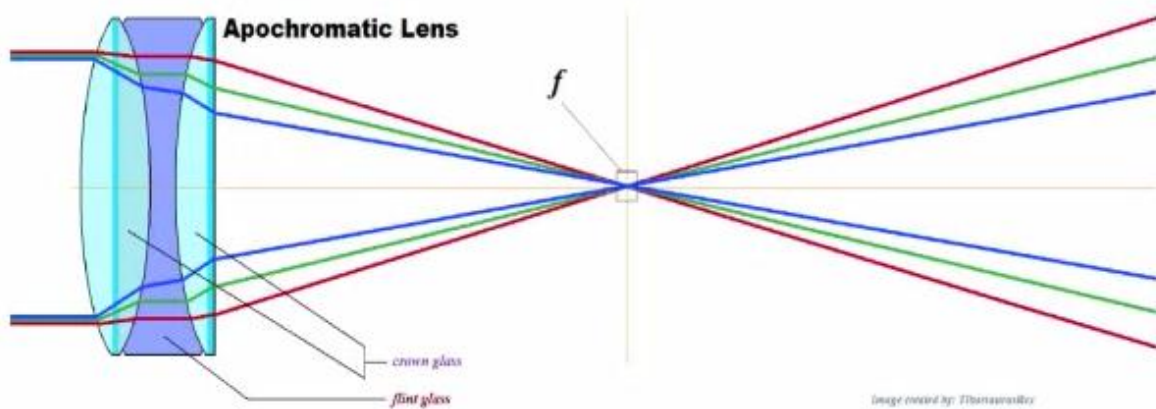
Lentes Acromáticos



Estos lentes están formados por dos piezas de cristal, donde el segundo cristal se usa para por lo menos dos de las amplitudes de onda (normalmente el rojo y el azul) tengan su punto de convergencia en el mismo plano focal y de esta manera lograr una imagen más nítida. El color restante tiene su punto de convergencia fuera del plano focal. Si una mira fue construida en los

últimos 45 años aproximadamente (aprox. desde 1970 en adelante), seguramente tenga lentes acromáticos.

Lentes Apocromáticos



Si se desea la mayor de las calidades y se tiene mucho dinero para invertir, se podría conseguir una mira de primera calidad, con lentes apocromáticos, o muchas veces mencionados como *ED Glass* (del inglés “*Extra Low Dispersion*” o en español *Extra baja dispersión*) o *APO*. También se pueden ver mencionados como HD, que muchos tiradores piensan que es “*High Definition*” (como los televisores) aunque su significado real es “*High Density*” o Alta densidad. Este tipo de lentes están compuestos por tres cristales distintos, para que todas las longitudes de onda convergen en el mismo plano focal generando una imagen estupendamente nítida.

Aclaración: Aquí no solo se habla de la correcta percepción de los colores, sino de la claridad óptica de la mira.

11.6.3. Origen de los lentes

En la mayoría de los casos por más que las miras estén diseñadas y armadas en EEUU., los lentes son encargados a fábricas extranjeras por cuestiones de costos, principalmente origen asiáticos; Filipinas, Taiwán, China y en el caso de las de mayor calidad, Japón. La gran mayoría de las mismas son fabricadas por maquinaria de última generación, manejada por computadora, donde las especificaciones son enviadas por el fabricante de las miras.

La mayoría de las compañías no avisa de este detalle y muchas veces en sus publicidades da como a entender que la mira fue fabricada 100% en EEUU. Solo *Leupold* en su sitio web es sincero con este hecho:

“Leupold uses foreign sourced components for some parts of Golden Ring products, primarily lenses. This is because at this time, there is no American manufacturer that can supply the quantity of high quality lenses that Leupold needs for its annual Golden Ring Optics production. Leupold’s lens systems are designed at Leupold, by American optical engineers, in its state-of -the-art optics lab and then procured from outside vendors who must meet stringent quality estándar.”

“Incoming parts are carefully inspected in our testing facility before they are accepted into the assembly process. Incidentally, all major optics producers worldwide acquire some or all of their glass from the same sources as Leupold. Some of these sources are located domestically, some are European, and some are Asian. Leupold has acquired its lenses this way for over 50 years.”

Lo que en español sería:

“Leupold utiliza componentes de origen extranjero para algunas partes de productos Golden Ring, principalmente lentes. Esto es porque en este momento, no hay ningún fabricante estadounidense que puede suministrar la cantidad de lentes de alta calidad que Leupold necesita para su producción anual de ópticas Golden Ring. Los sistemas de lentes de Leupold están diseñados en Leupold, por los ingenieros ópticos de América, en su laboratorio de ópticas en estado-del-arte y luego encargados a proveedores externos que deben cumplir con estrictas normas de calidad.”

“Las partes recibidas son inspeccionadas cuidadosamente en nuestro centro de pruebas antes de ser aceptados en el proceso de montaje. Por cierto, todos los grandes fabricantes de óptica en todo el mundo adquieren parte o la totalidad de sus lentes de las mismas fuentes que Leupold. Algunas de estas fuentes se encuentran en el país, algunos son europeos, y algunos son de Asia. Leupold ha adquirido sus lentes de esta manera por más de 50 años.”

Obtenido de <https://www.leupold.com/about-us/americas-optics-authority/>

11.7. Mejores miras seleccionadas por Rex

****SNIPER 101 Part 22 - Scopes - Rex's BEST Picks****

NOTA: Todos los precios mencionados son en EE.UU.

Make	Model	Tube	Mag.	Reticle	Focal Plane	Elevation	Windage	Features Score	Price
Barska	Tactical Rifle Scope	1"	3-12	Mil-Dot	1st	1/4 MOA	1/4 MOA		\$159.00
BSA	Mil-Dot Rifle Scope	1"	4-16	Mil-Dot	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA		\$69.95
Burris	Xtreme Tactical	30mm	6-24	Mil-Dot	2nd	1/4 MOA	1/4 MOA		\$1028.95
Bushnell	Elite Tactical	1"	10X	Mil-Dot	N/A	1/4 MOA	1/4 MOA		\$249.00
Falcon	Menace	30mm	4-14	EMD	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$359.95
IOR Valdada	10X42 Tactical	30mm	10X	MP8	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$719.00
IOR Valdada	3-18X42 Tactical	35mm	3-18	MP8	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$1529.00
Leupold	3.5-10x40 Mark 4 LR/T	30mm	3.5-10	Mil-Dot	1st	1/4 MOA	1/4 MOA		\$1499.95
Leupold	M3A	30mm	10X	Mil-Dot	N/A	1 MOA	1/2 MOA		\$1499.96
Millet	TRS-1 Tactical	30mm	4-16	Mil-Dot	2nd	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$309.95
Nikon	Monarch X 30mm	30mm	4-16	Mil-Dot	2nd	1/4 MOA	1/4 MOA		\$1399.95
Nightforce	3-15X50 F1 NXS	30mm	3.5-15	Mil-Dot	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$2290.00
NcStar	6-24x50 Mark III 30mm	30mm	6-24	Mil-Dot	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA		\$129.95
Nikko Stirling	6-24x56 Targetmaster	30mm	6-24	Mil-Dot	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA		\$399.95
Premier Reticles	Heritage 5-25x56	34mm	5-24	Mil-Dot	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$3402.00
Schmidt & Bender	5-25x56 Police Marksman	34mm	5-25	Mil-Dot	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$3498.00
Schmidt & Bender	10X42 Police Marksman	30mm	10X	Mil-Dot	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$1948.95
Swarovski	10X42 Barrett	30mm	2.5-15	Tree	N/A	N/A	N/A		\$2349.00
SWFA	Super Sniper	30mm	10X	Mil-Dot	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$299.00
Tasco	6-24x44 Target / Varmint	1"	6-24	crosshair	2nd	1/8 MOA	1/8 MOA		\$139.95
Unertl	MST-100	1"	10X	Mil-dot	N/A	BDC	1/2 MOA		\$4200.00
US Optics	10x44 ST-10	30mm	10X	Mil GAP	N/A	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$1589.00
Vortex	5-20x50 Razor HD 35mm	35mm	5-20	EBR-2B	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$1999.00
Weaver	3-15x50 Tactical	30mm	3-15	EMDR	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$729.95
Zeiss Tactical	4-16x56 Tactical Hensoldt	34mm	4-16	NH1	1st	1/10 MRAD	1/10 MRAD		\$3562.95

11.7.1. Mira con costo menor a 300 US\$

La única recomendación de Rex en este rango de precio, es SWFA Super Sniper, 10x con tubo de 30mm, retículo mildot y torreta en MRADs. Precio: 299 US\$

11.7.2. Mira con costo menor a 500 US\$

Rex sigue con la misma recomendación que el caso anterior, SWFA Super Sniper por su buena calidad. Precio: 299 US\$.

Si fuera necesaria una mira con aumento variable, la Falcon Menace 4-14x con tubo de 30 mm, retículo EMD (Enhanced Mil Dot Reticle) en primer plano focal y con torreta en MRADs, podría ser una buena opción. Precio: 360 US\$.

11.7.3. Mira con costo menor a 1000 US\$

La recomendación en este rango es IOR Valdada 10x42 Tactical, con tubo de 30 mm, con retículo MP8 (con escala en MRADs) y torretas en MRADs. Una mira muy robusta. Precio: 719 US\$.

11.7.4. Mira con costo cerca de 1500 US\$

La recomendación aquí es U.S. Optics 10x44 ST-10 tubo de 30 mm, torreta en MRADs, retículo Mil GAP (del tipo MIL-scale). Con un poco de suerte se podría conseguir una de estas en el rango de precio anterior. Precio: 1589 US\$

Rex recomienda resistir la tentación de usar los 1500 US\$ en una mira con aumento variable.

11.7.5. Mira con costo cerca de 2000 US\$

La mayoría de gente iría a la armería y compraría la marca más popular, pero de nuevo, la recomendación aquí sería la U.S. Optics 10x44 ST-10, aunque el precio fuera 2000 US\$, pero si lo que se quiere es una mira con aumento variable, la recomendación sería Nightforce 3-15x50 F1 NSX con tubo de 30 mm, retículo Mil-Dot en primer plano focal y torretas en MRADs. Precio: 2290 US\$.

La otra mira recomendada en este rango es la Schmidt & Bender PMII 10x42 Police Marksman con tubo de 30 mm, retículo Mil-dot y torretas en MRADs. Una mira robusta, con muy buena claridad óptica, que seguramente tenga mayor valor que la Nightforce. Precio: 1948 US\$.

11.7.6. Mira con costo mayor a 2500 US\$

No hay necesidad de gastar esa cantidad de dinero, salvo que se quiera una mira con mucho mucho aumento, en torno a los 25x.

12. Equipo del Francotirador y equipo periférico

SNIPER 101 Part 23 - Sniper Field Kit and Peripheral Equipment

SNIPER 101 Part 24 - Sniper Field Kit and Peripheral Equipment Part B

Hay una gran cantidad de instrumentos y herramientas que se necesitan (o son recomendables) para poder realizar D.D.Ext. En este capítulo se listan dichos ítems.

- **Item #1:** Fusil con mira óptica
 - Ya se habló de estos elementos.
- **Item #2:** La munición.
 - Rex recomienda un mínimo de 100 cartuchos, porque no se sabe que tipo de complicación se puede tener (tal vez re-ajustar la mira, confirmar distancias, etc).
- **Item #3:** Cargadores extras
 - Solo si el fusil que el tirador utilizará lleva cargadores.
- **Item #4:** Protección para los oídos
 - No solo auriculares, sino también tapones para usarlos a la vez (esto sobre todo para los calibres grandes, como el .50BMG).
- **Item #5:** Bípode con pivot (swivel)
 - Ver sección 15.1. *Bípodes y Monopodos*.
- **Item #6:** Bolsa de arena
 - La mayoría de disparos se realizarán en posición de tendido, por lo que la bolsa de arena se utilizará para apoyar la culata del fusil.
- **Item #7:** Kit de limpieza para el fusil.
 - No se limpiará el fusil todo el tiempo, pero es útil por si algo fuera de lo normal sucede (se ensucia el fusil con tierra, arena, etc).
 - La recomendación es tener una baqueta lo suficientemente larga para limpiar el cañón desde la recámara (sacando el cerrojo).
 - Ver sección 13.2.5. Limpieza del Fusil para D.D.Ext.
- **Item #8:** Kit de limpieza para lentes.
 - Si la mira se ensucia, se tiene que limpiar con los instrumentos adecuados para no dañarla.
- **Item #9:** Herramientas
 - Para el fusil, montajes, la mira, etc.
 - Llaves Allen, destornillador, etc
- **Item #10:** Tablas balísticas
 - Funciones primarias
 - Funciones secundarias
 - Curva de variación de velocidad inicial por temperatura.
 - Presión estándar por altitud
 - Tablas de corrección para el viento

- Calc Forms
- Tablas para blancos en movimiento.
- **Item #11:** Calculadora científica
 - Se recomienda, al igual que otros ítems de bajo costo, tener una de respaldo (aunque sea una calculadora simple de bolsillo).
 - Se recomienda también tener 2 sets de pilas (y lo mismo para todo lo electrónico que se utilice).
- **Item #12:** Mildot Master (calculadora analógica)
 - Este ítem está específicamente diseñado para ser utilizado con miras con retículo Mildot.
 - Permite calcular distancia del objetivo de forma analógica.
 - Permite medir el ángulo de tiro (cuesta arriba o abajo).
 - Permite hacer conversiones entre MRADs y MOAs.
 - Ver sección 13.2.5.
- **Item #13:** Transportador con cuerda y peso.
 - Con este ítem se medirá el ángulo de tiro.
 - No es necesario si se tiene el #12: Mildot master
- **Item #14:** Útiles de escritura
 - Lápices, lapiceras (negra y roja), cuadernos, etc.
 - Misma recomendación que las pilas: mejor tener cada ítem duplicado.
 - Se hará mucha escritura en el campo cuando se hagan las Tarjetas de distancias (ver más abajo).
- **Item #15:** Bitacoras (Logs)
 - Se tendrán varias bitácoras. Pueden ser simples libretas de notas o cuaderno pequeño. Todos estos datos serán utilizados para refinar las tablas balísticas.
 - Bitácora de tirador: Se registrará todos los disparos que se hagan.
 - Fecha y hora
 - Distancia horizontal real
 - Condiciones atmosféricas
 - Velocidad inicial (*muzzle velocity*)
 - Temperatura de la munición
 - Punto de impacto (POI) proyectado
 - Punto de impacto real
 - Bitácora de munición: información sobre carga de la munición, lote, cantidad de disparos por sesión, fechas de las sesiones de limpieza, etc.
 - Bitácora de puntos de referencias de blanco (TRP, del inglés *Target Reference Points*): En esta bitácora se guardarán las dimensiones de varios objetos que se puede utilizar como referencia para poder estimar la distancia al blanco. Los objetos pueden ser puertas, ruedas, vehículos, postes, columnas, etc.
- **Item #16:** Carta o tarjeta de distancias (*Range Cards*):
 - Esto es un mapa (perfectamente puede ser un croquis) de la zona de operación con distintas referencias y distancias.
- **Item #17:** Mapas de la zona de operación.

- Si bien actualmente existen una cantidad smartphones que pueden tener GPS y mapas, no es buena idea confiar en una sola pieza del equipo, sobre todo porque pierden señal o se quedan sin batería. Mejor tener un mapa de papel.
- **Item #18:** Brújula lensática.
 - Para utilizar en la dirección de disparo (para compensar por efecto de coriolis), navegación del terreno, y estimación de distancias.
- **Item #19:** Barómetro y termómetro. Varios anemómetros de bolsillo también traen estas funciones (Caldwell es una buena marca).
 - La presión atmosférica puede cambiar radicalmente de un momento a otro, por eso es importante tener el barómetro. Lo mismo con la temperatura.
- **Item #20:** Termómetro de repuesto (no electrónico)
- **Item #21:** Termómetro infrarrojo.
 - Se Usará esto para ver la temperatura de la munición. Esto es necesario porque la velocidad inicial cambia dependiendo de la temperatura de la munición, y usualmente esto va a afectar el punto de impacto mucho más que la temperatura del aire.
- **Item #22:** GPS.
 - Incluso uno de los baratos sería suficiente. Se usará para realizar confirmaciones de distancia. Si bien los telémetros láser funcionan bien en general, es recomendable hacer una doble verificación usando el GPS.
- **Item #23:** Catalejo (*Spotting Scope*) con tripode de buena calidad.
 - Si el tirador está disparando solo, no necesariamente necesita este ítem, sobre todo si tiene una mira óptica de gran calidad.
 - Este ítem se vuelve importante cuando se tiene un observador (Spotter).
 - Recomendable que tenga retículo con medidas (mil-scale, mil-dot, etc).
- **Item #24:** Binoculares
 - Para buscar blancos y evitar la fatiga de estar viendo por la mira óptica o el catalejo durante mucho tiempo.
 - Cualquier binocular que se pueda conseguir está bien.
- **Item #25:** Telémetro laser (*Laser Rangefinder*)
 - Si bien muchos tiradores piensan que este ítem es indispensable, los telémetros láser tienen muchas limitaciones.
 - Si se utiliza uno, es necesario uno de muy buena calidad.
 - Regla de oro de Rex: Distancia efectiva real = Distancia efectiva publicada / 2. Esto es por las condiciones imperfectas que se pueden encontrar entre el tirador y el objetivo: lluvia, niebla, pasto, etc.
 - Si el telémetro es de muy buena calidad, se podrían obtener lecturas precisas a la distancia publicada e incluso hasta más distancia.
 - Importante utilizar los telémetros con pilas con buena carga para tener una medida confiable.
- **Item #26:** Cronógrafo.
 - Se necesitará la velocidad exacta de las balas en distintas condiciones para crear las tablas balísticas.

- **Item #27:** Software balístico (o dispositivo balístico).
 - No necesario, aunque puede ayudar en algunas situaciones.
 - Es preferible entender toda la física que interviene en el disparo para que si algo raro sucede, el tirador no se quede sin respuestas.
 - Estos software no toman en cuenta TODAS las variables (cambio de velocidad inicial por temperatura de munición, por ejemplo)
- **Item #28:** Dispositivos de visión nocturna
 - Necesario si se va a estar operando en la noche
- **Item #29:** Dispositivo de comunicación
 - Si es que el tirador no va a operar solo.
- **Item #30:** Bolso.
 - No se recomienda un estuche rígido.
 - Se usará para llevar el fusil además del resto del equipo.

13. Balística, Introducción y Visión general

SNIPER 101 Part 25 - Ballistics Overview

Hay cuatro ramas en el estudio de la balística:

- Balística interior
 - Es el estudio de todos los factores que afectan el movimiento del proyectil dentro del arma, antes que el mismo deje el cañón.
- Balística intermedia o de transición
 - Es el estudio de los factores que intervienen entre la transición desde la balística interior hacia la balística exterior (instante donde el proyectil abandona el cañón).
- Balística Exterior
 - Es el estudio de los factores que intervienen en la trayectoria del proyectil luego que salió del cañón.
- Balística terminal
 - Es el estudio de los efectos producidos por el proyectil al alcanzar su objetivo.

Para poder lograr acertar con el primer disparo a distancias extremas es necesario entender muy bien las primeras tres categorías.

Hay que tomar en cuenta que la balística exterior y balística terminal serán determinadas principalmente por la selección del cartucho y la bala (ver capítulos 2 y 3).

La balística es muy compleja, es una mezcla dinámica de física aplicada y se entremezcla con otras ciencias. En este capítulo se trata información que probablemente sea mucho más compleja que la de los capítulos anteriores.

Los aciertos con un solo disparo a distancias extremas son solamente vagamente posible si todas las variables interrelacionadas son tenidas en cuenta, y otros aspectos de la trayectoria del proyectil son entendidos con precisión, y aun así es necesario un poco de suerte sobre todo en cuanto al viento se trata dado que cambia constantemente. Incluso disparando a blancos considerablemente grandes, pasando los 700 metros estos disparos son notablemente difíciles de lograr.

Esta sección de balística pretende enseñar los fundamentos de la balística para poder entender qué es lo que pasa cuando se dispara. En futuras secciones se explicará exactamente como armar tablas balísticas para compensar todos los factores que intervienen en todo el proceso del disparo.

13.1. Balística exterior básica

SNIPER 101 Part 26 - BASIC External Ballistics

Antes de seguir con la balística exterior básica, se muestran algunos conceptos de física y sus terminologías.

Para empezar, La **primera ley de Newton** (Ley de inercia o Ley de movimiento):

“Un objeto permanecerá en reposo o con movimiento uniforme rectilíneo a menos que actúe sobre él una fuerza externa”.

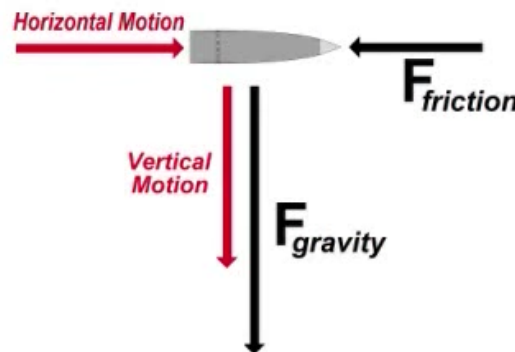
Aclaración: Velocidad en física se refiere al módulo de la velocidad y a la dirección, aunque normalmente en tiro, cuando se habla de velocidad solo se hace referencia al módulo de la misma.

Parece un poco tonto al principio, pero es muy importante rever los fundamentos, así cuando se hable de balística avanzada, se pueda entenderla correctamente.



Suponer que la bala va a 3000 pies por segundo. Según la primera ley de Newton, si no fuera por la resistencia del aire (o también llamado *arrastre*, en inglés *drag*), la bala seguiría en su movimiento horizontal a 3000 pies por segundo, hasta que algo la haga frenar, como el aire por ejemplo. El aire empieza a reducir la componente horizontal de la velocidad de la bala por la fricción apenas esta sale del cañón.

Además de la disminución de la velocidad, otra fuerza que empieza a afectar a la bala apenas sale del cañón es la gravedad que atraerá la bala hacia el centro de la tierra. Esto creará el movimiento vertical.

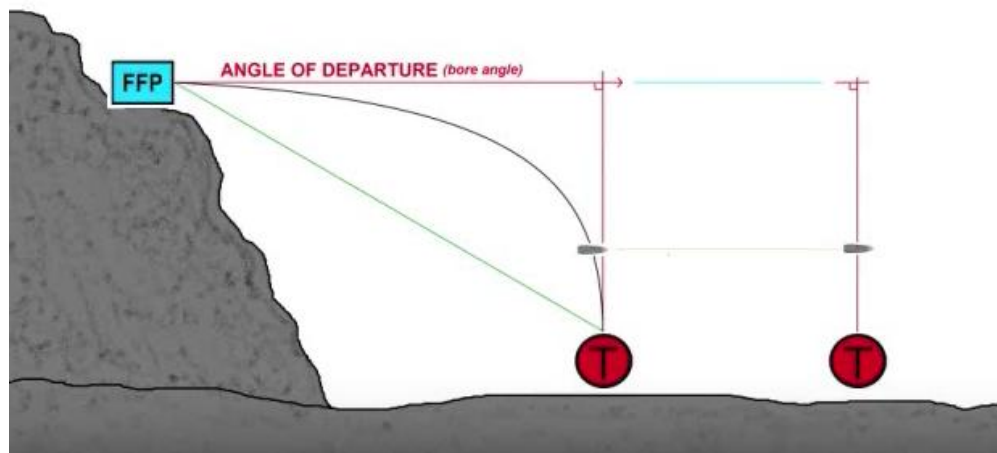
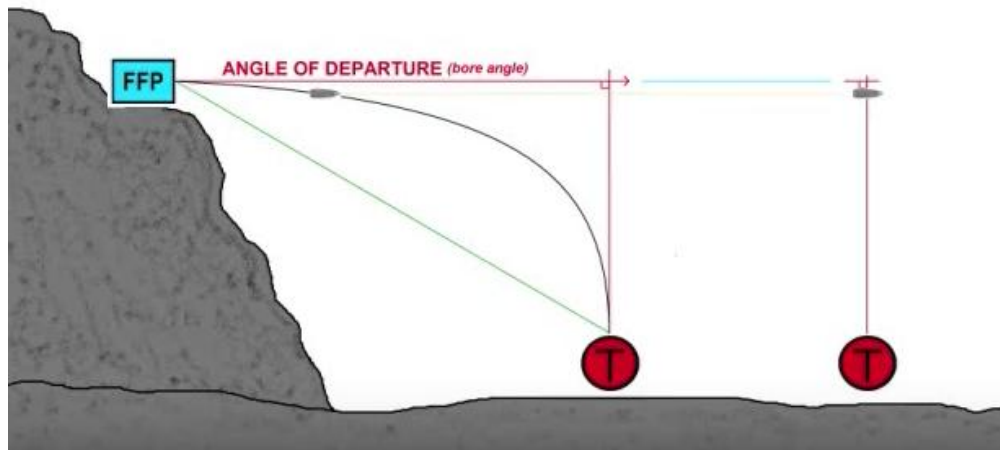


Hasta aquí y hablando matemáticamente, la gravedad es lo único que es constante. La fricción va a cambiar dependiendo de las condiciones ambientales (humedad, densidad del aire,

presión atmosférica, etc) e incluso dependerá de la velocidad de la bala (cuánto más velocidad tiene la bala, mayor será la fuerza de la fricción).

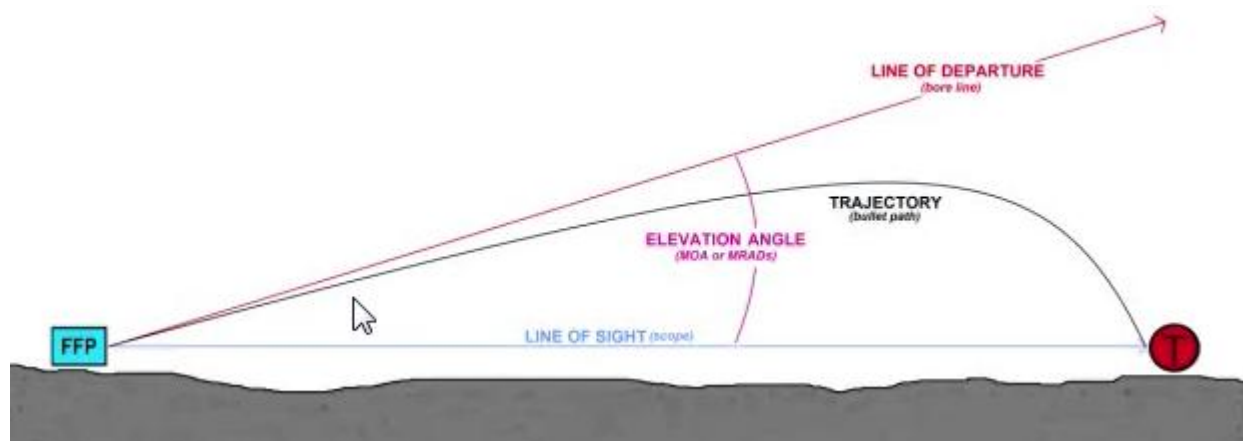
Cuando se dispara una bala perfectamente horizontal (que no es lo que pasa en la realidad), su movimiento vertical será igual al de una bala que se suelte desde la misma altura.

Es decir, que si se dispara una bala hacia adelante horizontalmente y se suelta otra con los dedos a la vez y a la misma altura que la que se dispara, ambas tocarían el piso a la misma vez. Esto demuestra que la componente horizontal y vertical del movimiento de la bala, no están relacionadas.

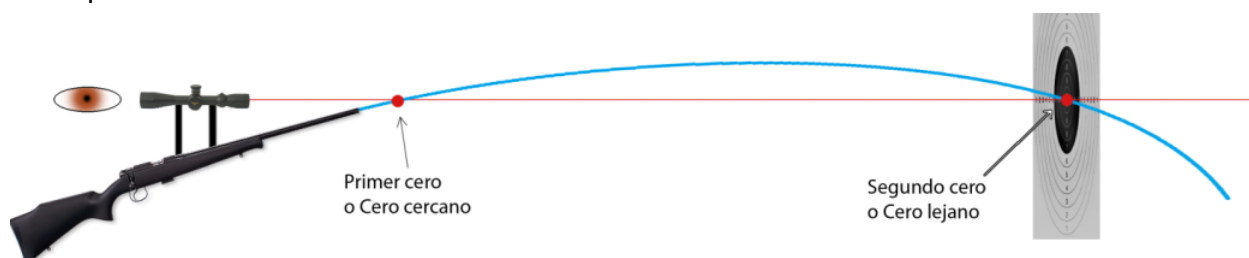


Ahora pasando a un diagrama un poco más “realista”, en una superficie plana, se puede observar el rectángulo celeste que es el tirador (FFP: “*final firing position*”), la línea celeste es la línea de miras (indica a donde se está apuntando), la línea roja es la *línea de tiro o línea de partida* (proyección del eje del cañón del arma) y la curva negra el la trayectoria que recorrerá la bala, mientras que el círculo rojo con la T es el objetivo. El ángulo entre la línea de miras y la

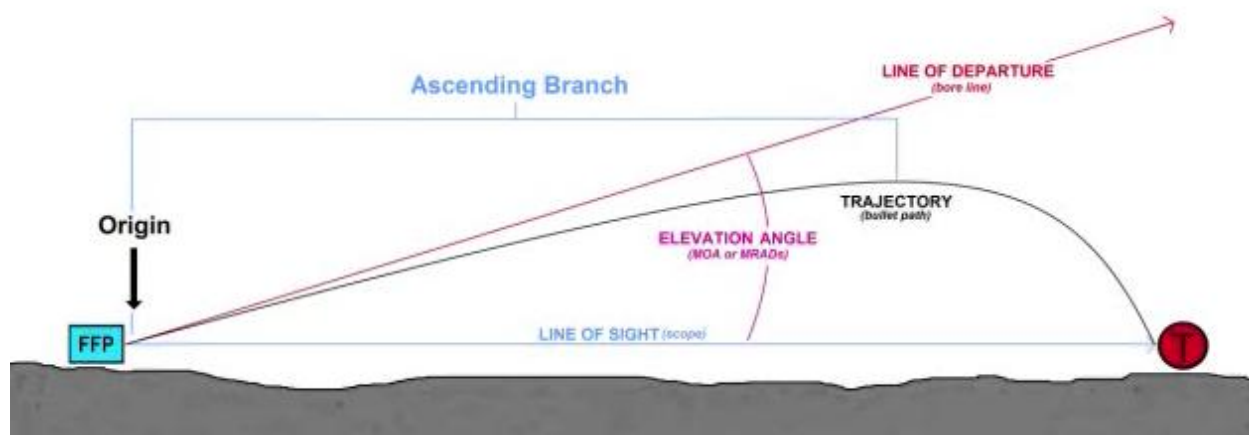
línea de tiro se llama *ángulo de elevación* y se mide en MOAs o MRADs. Este ángulo es el que se cambia cuando se ajusta la elevación de la mira óptica.



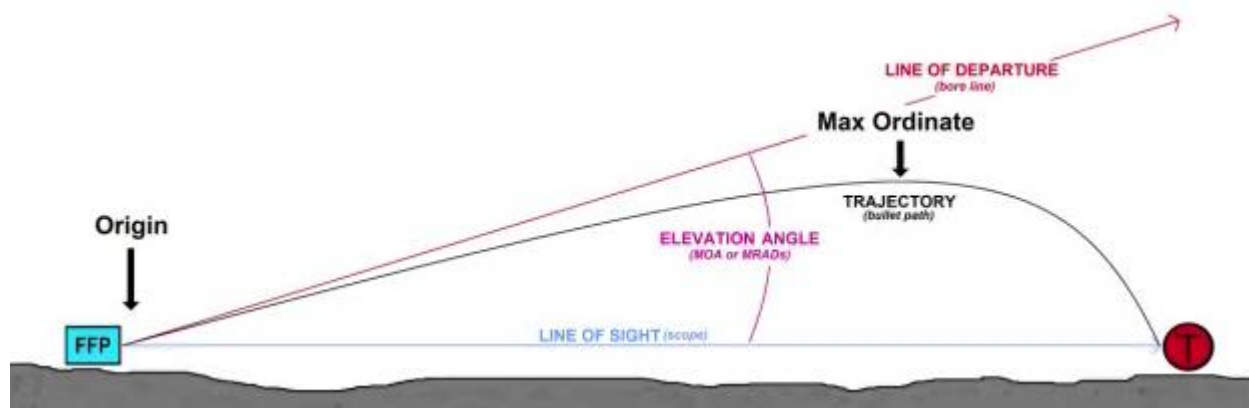
En el siguiente diagrama se muestra con ángulos muy exagerados, la relación entre la mira y la mira óptica.



En los siguientes diagramas se darán más terminologías que se seguirán usando en los siguientes capítulos. El punto donde la bala deja el cañón, se le llamará punto *Origen*. El tramo de la trayectoria donde la bala aumenta su altura con respecto a la línea de miras se llama *tramo o rama ascendente*, aunque la bala siempre cae con respecto a la línea de tiro.

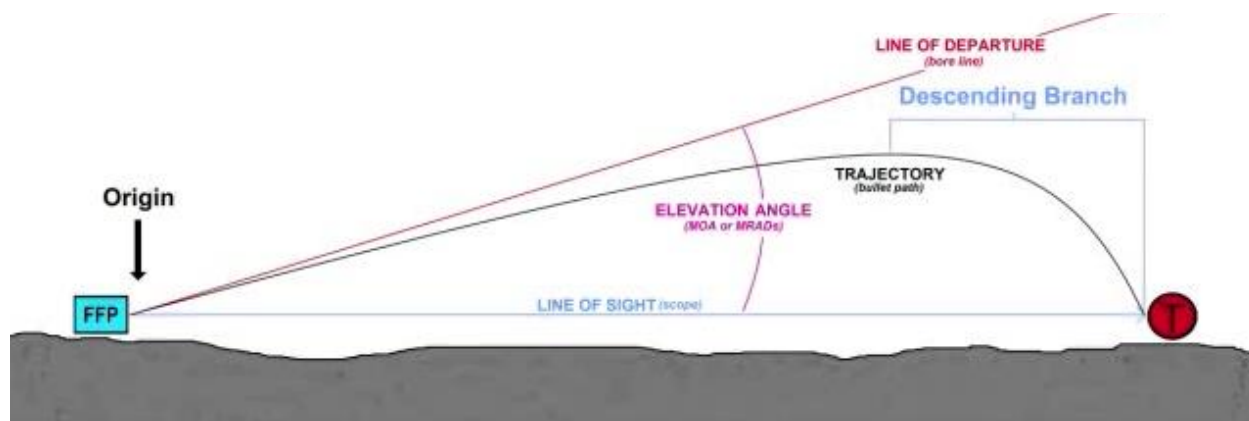


El punto más alto que la bala alcanza en su trayectoria es llamado punto de *Ordenada Máxima*.



Si no hubiera ni gravedad ni aire, la bala seguiría indefinidamente por la línea de tiro. Si solo hubiera gravedad pero no aire, la trayectoria sería una parábola propiamente dicha y la ordenada máxima estaría en el punto medio entre el punto de Origen y el Objetivo. Por acción de la gravedad y la fricción con el aire, la trayectoria adopta una forma similar a una parábola, con la ordenada máxima más alejada del punto de origen, aproximadamente a 60% de la distancia entre el punto de origen y el objetivo.

Finalmente, el tramo de la trayectoria donde la bala desciende con respecto a la línea de miras, se llama *tramo o rama descendente*.



13.1.2. Aplicación clásica de la balística

****SNIPER 101 Part 27 - Classic Application of Ballistics - Rex Reviews****

Los tiradores que sean nuevos en esto de realizar disparos a largas distancias, pueden que tengan poca o ninguna idea de cómo enfrentarse a todo lo referente a la balística exterior, así que básicamente lo que la gente clásicamente hace es utilizar una tabla balística (en inglés, *ballistic table*, o *ballistic chart*).

Para crear esta tabla, clásica y comúnmente se pone en cero el fusil a cierta distancia (generalmente 100 metros) y se ajusta la torreta para que con ese cero la torreta también marque 0 (MOAs o MRADs). Luego en incrementos de 100 metros (o yardas), se coloca un blanco y se ajusta la torreta hasta dar en el centro, momento en el cual se anota la elevación en la tabla (se van confirmando los distintos ceros a las distintas distancias). Este procedimiento se realiza con “condición atmosférica estándar” para la zona y se anotan en la tabla, junto con los datos de la munición. Este método funciona relativamente bien para distancias medias, tales como 600 o 700 metros.

STANDARD CONDITIONS		
Rifle: Rem 700 SPS		
.308 Win		
Sierra 168 grn BTHP MK		
BC: 0.447		
MV: 2,600 fps		
BP: 29.56 in Hg		
Air Temp: 60 deg F		
Humidity: 0%		
RANGE (meters)	ELV (MOA)	WIND-SPEED 10mph FULL VALUE
100	0.0	0.8
200	2.5	1.8
300	5.9	2.8
400	9.9	3.9
500	14.4	5.0
600	19.7	6.4
700	25.9	7.8
800	33.0	9.3
900	41.2	10.9
1000	50.6	12.5

Hay un segundo método que se utiliza para crear la tabla balística sin tener que confirmar los ceros a distintas distancias (acción que se torna algo difícil ya que muchas veces no se tiene un lugar adecuado como para poder hacerlo) y es utilizar una calculadora balística o programa balístico. Se pueden encontrar muchos de estas calculadoras online, como en Sierra o Hornady. Estas calculadoras devuelven datos bastante cercanos si se ingresan todos los

parámetros de entrada con precisión. Unos de los resultados que puede dar es la caída en pulgadas (o cm), pero no es la manera correcta de hacerlo (aunque muchos tiradores lo hacen así), ya que no se tienen forma de compensarlo ingresando el valor en la torreta de la mira la cual maneja los valores en medidas angulares (MOAs o MRADs).

Para usar la tabla, se determina la distancia al blanco, se busca la elevación en la tabla balística, se ajusta la torreta en la medida que la tabla indique (o valor interpolado), se ajusta la deriva por velocidad del viento, se apunta al centro del blanco y se dispara. La bala debería pegar bastante cerca. En caso que se necesite operar en una distancia intermedia, supóngase 450 metros, hay que interpolar entre los números 400 y 500 (esto se verá más adelante).

El problema, es que en la vida real -según la opinión de Rex- no exista tal cosa como “condición atmosférica estándar”, dado que por ejemplo la densidad del aire está casi constantemente cambiando al igual que la temperatura del aire, la presión atmosférica y humedad al igual que habrá enormes cambios de la balística interior con la variación de la temperatura de la munición y otros factores que cambiarán la velocidad inicial con respecto a las condiciones que se puso en cero el fusil. Lo que sucede en la práctica es que muchos tiradores utilizan este tipo de tablas sin hacer ninguna corrección extra, y cuando realizan el disparo dependiendo de las condiciones atmosféricas, pueden fallar por bastante lejos.

13.1.3. Correcciones por temperatura

SNIPER 101 Part 28 - Temperature Corrections

En esta sección se hablará de las correcciones necesarias por cambio de temperatura. También se hablará de algunas secciones del *U.S Field Manual Nro 23-10*.

Para dar un ejemplo de hasta qué punto afecta el cambio de temperatura se puede tomar el ejemplo de la tabla de la sección anterior, con un aumento de temperatura de 11 °C (20 °F), desde 15,5 °C a 26,7 °C (60 °F a 80 °F). A una distancia de 1000 metros sin realizar correcciones por temperatura, y sin viento, la variación en el punto de impacto sería de aproximadamente 1.1 MRADs arriba (3.7 MOAs) y esto es solo por cambio en la temperatura. La desviación de deriva es por el *spin drift* y el efecto coriolis (esto se verá más adelante)



Ahora, siguiendo con las correcciones necesarias, se puede decir que hay dos factores que son afectados por el cambio de temperatura:

- Factor en balística exterior
 - Cambio en la temperatura del aire.
 - La densidad del aire cambia con la temperatura.
 - El aire frío es más denso que el aire caliente, por lo tanto en el aire caliente hay menos resistencia del aire (cuando un globo de aire caliente sube, es justamente porque el aire caliente es menos denso).
- Factor en balística interior
 - Cambio en la temperatura de la munición.
 - La velocidad inicial varía extremadamente con la temperatura de la munición.
 - A mayor temperatura de la munición, mayor será la velocidad inicial.

Véase ahora que dice el U.S Field Manual Nro 23-10 sobre el cambio de temperatura.

(1) *Temperature.* The higher the temperature, the less dense the air. (See Section III.) If the sniper zeros at 60 degrees F and he fires at 80 degrees, the air is less dense, thereby causing an increase in muzzle velocity and higher point of impact. A 20-degree change equals a one-minute elevation change in the strike of the bullet.

“Cuanto más alta la temperatura, menos denso es el aire.”

Esto es correcto.

“Si el francotirador pone en cero el fusil a 60 °F y dispara a 80 °F el aire es menos denso por lo que aumenta la velocidad inicial y el punto de impacto”

Esto es en parte incorrecto, dado que el aumento de velocidad inicial no tiene nada que ver el la densidad del aire, si bien esta también afecta el punto de impacto.

“Un cambio de temperatura de 20 °F equivale a 1 MOA de cambio de elevación en la trayectoria de la bala”.

Esto es incorrecto. En las siguientes tablas se verá cómo se comporta en realidad esta variación de temperatura utilizando la carga de la sección anterior.

En la primer tabla están las condiciones iniciales, con 60 °F y se muestra la corrección sugerida para el aumento de 20 °F.

En la segunda tabla se muestra la elevación corregida solo tomando en cuenta la temperatura del aire y la cantidad de MOAs que se ajustó.

En la tercer tabla se muestra la elevación corregida tomando en cuenta la temperatura del aire y de la munición y la cantidad de MOAs que se ajustó.

Temperature Changes

REALITY CHECK

"STANDARD Conditions"			20 deg F Increase in AIR Temp.			20 deg F Increase in AIR & AMMO Temp (increases MV by 52 fps under these conditions)		
.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447			.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447			.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447		
MV: 2,600 fps			MV: 2,600 fps			MV: 2,652 fps		
BP: 29.56 in Hg			BP: 29.56 in Hg			BP: 29.56 in Hg		
Air Temp: 60 deg F			Air Temp: 80 deg F			Air Temp: 80 deg F		
Humidity: 0%			Humidity: 0%			Humidity: 0%		
RANGE (meters)	ELV (MOA)	suggested change (20 deg F)	RANGE (meters)	ELV (MOA)	actual change from STD Cond.	RANGE (meters)	ELV (MOA)	actual change from STD Cond.
100	0.0	-1.0	100	0.0	0.0	100	0.0	0.0
200	2.5	-1.0	200	2.5	0.0	200	2.4	-0.1
300	5.9	-1.0	300	5.8	-0.1	300	5.6	-0.3
400	9.9	-1.0	400	9.8	-0.1	400	9.3	-0.6
500	14.4	-1.0	500	14.3	-0.1	500	13.6	-0.8
600	19.7	-1.0	600	19.4	-0.3	600	18.6	-1.1
700	25.9	-1.0	700	25.4	-0.5	700	24.3	-1.6
800	33.0	-1.0	800	32.3	-0.7	800	30.8	-2.2
900	41.2	-1.0	900	40.1	-1.1	900	38.3	-2.9
1000	50.6	-1.0	1000	49.1	-1.5	1000	46.9	-3.7

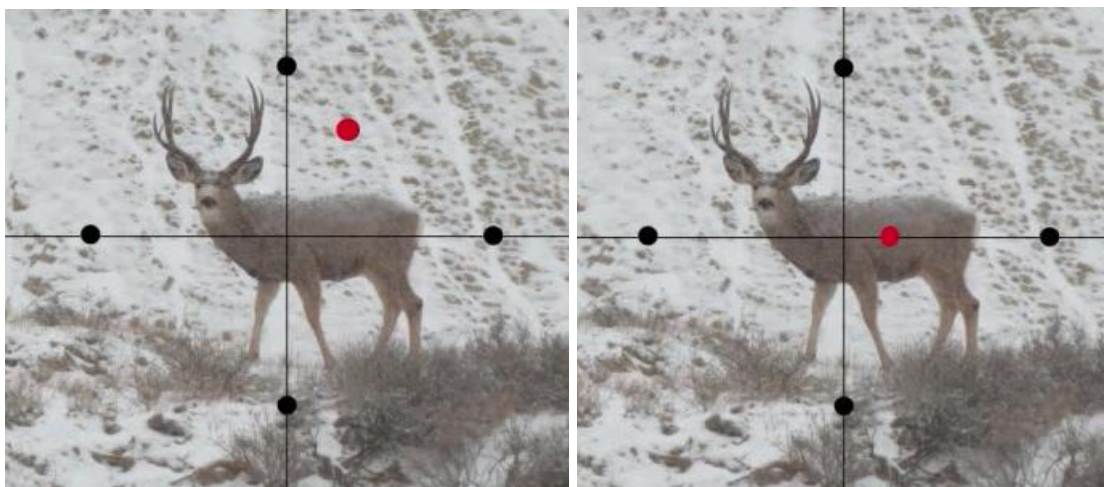
100 m: Si se compara, en realidad no sería necesario corrección alguna, por lo que con un ajuste con la regla del 20 °F = 1 MOA, el punto de impacto sería 1 MOA abajo.

200 m a 400 m: aquí si bien hay que hacer corrección, la corrección de 1 MOA es excesiva para esas distancias. Notar que el ajuste por temperatura del aire aquí es de 0.1 MOA, mientras que por temperatura de munición van de 0.1 a 0.6 MOA.

500 m a 600 m: En este caso es el único que el ajuste de 1 MOA está próximo al sugerido comparándolo con la tabla que se ajusta temperatura del aire y munición. De todas maneras la corrección no es exacta.

700 m a 1000 m: en estos casos el ajuste de 1 MOA se queda corto, por lo que el punto de impacto seguiría siendo demasiado alto.

En todos los casos se puede ver que el ajuste por cambio de temperatura de la munición es mayor que el ajuste necesario por el cambio de temperatura del aire. En la siguiente imagen se puede ver como sería el punto de impacto a 1000 m solo ajustando por temperatura del aire (primer imagen) y cómo sería si el cambio de temperatura de aire y munición son compensados (recordar que la deriva es por *spin drift* y *efecto coriolis* y se verá más adelante).



Tomar en cuenta que los programas balísticos no compensan por el cambio de temperatura de la munición (la mayoría por lo menos), es decir, no modifican la velocidad inicial que se le ingresa. Para que puedan tomar esto en cuenta, el tirador tiene que ingresar la velocidad inicial ya compensada por el cambio de temperatura (es decir, la velocidad inicial para la carga que se utilizará y para la temperatura que tiene la munición).

En capítulos posteriores, se mostrará como realizar los cálculos para las correcciones por cambio de temperatura del aire y munición.

13.1.4. Correcciones por humedad

SNIPER 101 Part 29 - Humidity Corrections

Este es un tema malentendido en el mundo del tiro pero en esta sección se pretende aclararlo. Primero, se volverá a revisar el *U.S Field Manual Nro 23-10* pero esta vez sobre la humedad y su efecto en la trayectoria de la bala.

(3) *Humidity.* Humidity varies along with the altitude and temperature. Figure 3-19 considers the changes in altitudes. Problems can occur if extreme humidity changes exist in the area of operations. That is, when humidity goes up, impact goes down; when humidity goes down, impact goes up. Since impact is affected by humidity, a 20 percent change in humidity equals about one minute as a rule of thumb. Keeping a good sniper data book during training and acquiring experience are the best teachers.

“La humedad varía con la altitud y la temperatura (...) Con cambios extremos de la humedad, pueden aparecer problemas en el área de operación.”

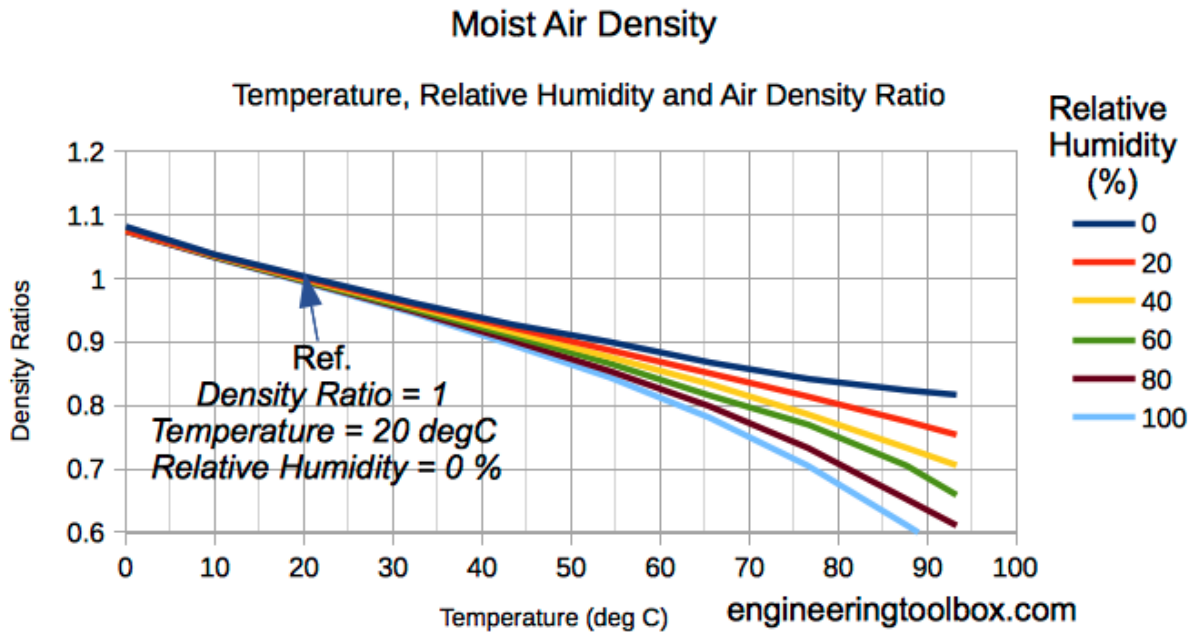
Si bien esto es correcto, los problemas no surgen por lo que dice aquí.

“Cuando la humedad aumenta, el punto de impacto baja; cuando la humedad disminuye, el punto de impacto sube.”

Esto es **completamente INCORRECTO**. Si bien la intuición podría decir que con mayor humedad, la densidad del aire es mayor y por lo tanto el punto de impacto baja porque el aire genera mayor resistencia a la bala, esto no es así. Es verdad que el agua líquida genera mayor resistencia que el aire, pero no es así con el vapor de agua. El vapor de agua es menos denso que el aire de la atmósfera.

Peso molecular del Vapor de Agua			
Componentes del Vapor de agua	Cantidad átomos por molécula	Masa molecular	Masa molecular en vapor de agua
Oxígeno	1	16.00	16.00
Hidrógeno	2	1.01	2.02
			18.02 g/mol

Peso molecular del Aire Seco			
Componentes del Aire seco	Porcentaje (%)	Masa molecular	Masa molecular en el aire
Nitrógeno	78.08%	28.02	21.88
Oxígeno	20.93%	32.00	6.70
Argón	0.93%	39.94	0.37
CO ₂	0.03%	44.01	0.01
Otros gases	0.01%		~ 0
			28.96 g/mol



En la gráfica anterior, se observa la variación de la densidad del aire con respecto a la temperatura y la humedad.

Volviendo a lo que el *U.S Field Manual Nro 23-10* continúa diciendo.

“Un cambio del 20% de humedad, equivale a 1 MOA como regla de oro.”

Esto es INCORRECTO. Como en la sección anterior, se verá que pasa en realidad comparando la carga en condiciones iniciales con 0% humedad, comparado con 20% humedad y con 100% de humedad.

Humidity Changes

REALITY CHECK

"STANDARD Conditions"			20 % Increase in HUMIDITY			100% Increase in HUMIDITY		
.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447 MV: 2,600 fps BP: 29.56 in Hg Air Temp: 60 deg F Humidity: 0%			.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447 MV: 2,600 fps BP: 29.56 in Hg Air Temp: 60 deg F Humidity: 20%			.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447 MV: 2,600 fps BP: 29.56 in Hg Air Temp: 60 deg F Humidity: 100%		
RANGE (meters)	ELV (MOA)	suggested correction for 20 % INC	RANGE (meters)	ELV (MOA)	actual change from STD Cond.	RANGE (meters)	ELV (MOA)	actual change from STD Cond.
100	0.0	+1.0	100	0	0.0	100	0	0.0
200	2.5	+1.0	200	2.5	0.0	200	2.5	0.0
300	5.9	+1.0	300	5.9	0.0	300	5.9	0.0
400	9.9	+1.0	400	9.9	0.0	400	9.8	0.0
500	14.4	+1.0	500	14.4	0.0	500	14.4	0.0
600	19.7	+1.0	600	19.7	0.0	600	19.7	0.0
700	25.9	+1.0	700	25.9	0.0	700	25.8	-0.1
800	33.0	+1.0	800	32.9	-0.1	800	32.8	-0.2
900	41.2	+1.0	900	41.1	-0.1	900	40.9	-0.3
1000	50.6	+1.0	1000	50.5	-0.1	1000	50.3	-0.3
Atmospheric Density: 0.07541 lb/ft³			Atmospheric Density: 0.07530 lb/ft³			Atmospheric Density: 0.07490 lb/ft³		

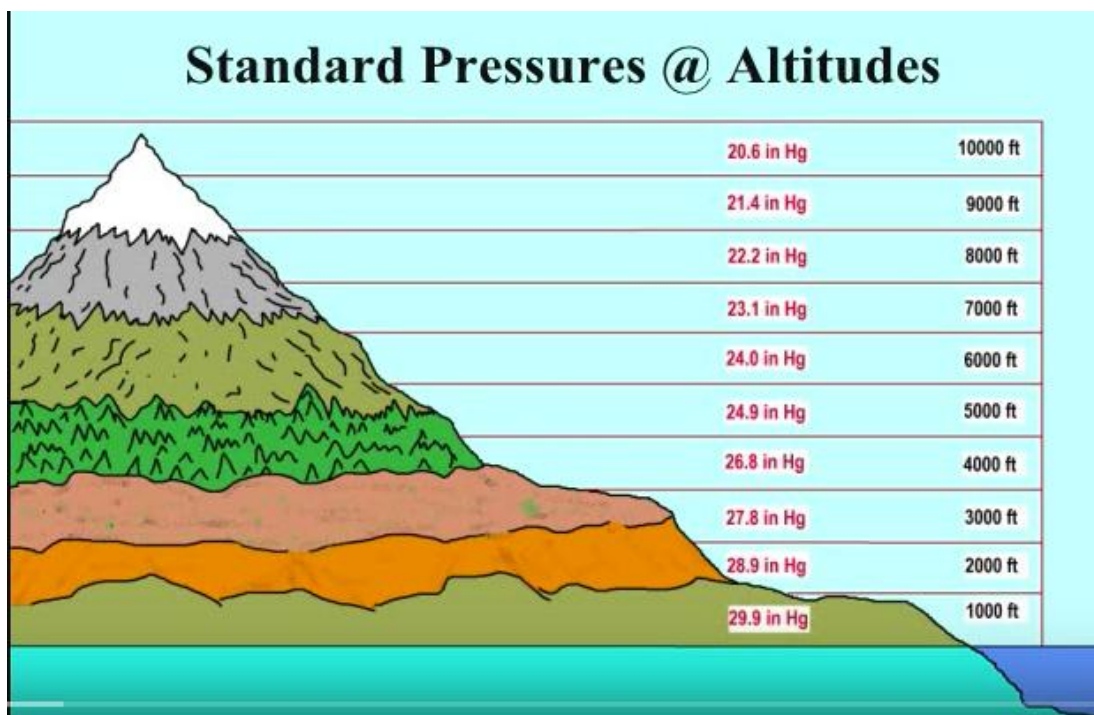
Se puede observar como incluso a 1000 m, con un cambio de 100% en la humedad (comparando 0% con 100%), lo que daría según la regla 5 MOAs de corrección, es extremadamente excesivo, además (según el 23-10) de corregirlo para el lado equivocado.

Se puede obtener una regla viendo las tablas de arriba, y es que para distancias menores a los 1000 m, no es necesario realizar ajuste por humedad, salvo que el objetivo sea extremadamente pequeño (como una lata de refresco o cerveza).

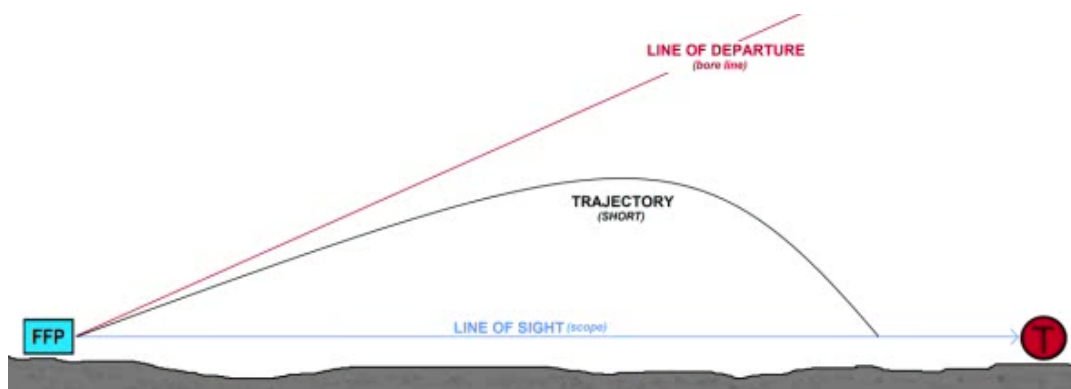
13.1.5. Correcciones por presión atmosférica y altitud

****SNIPER 101 Part 30 - Barometric Pressure & Altitude Corrections****

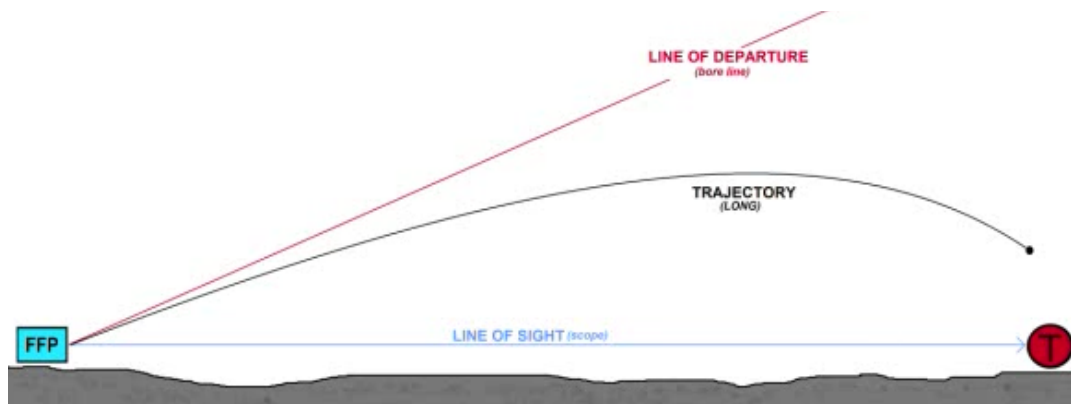
Cuanto mayor es la altitud, menor es la presión atmosférica, y por lo tanto, menor es la densidad del aire. Esto se debe a que a mayor altitud, menor es la masa de aire que hay por encima de ese punto, mientras que a menor altitud, mayor es la masa de aire que presiona hacia abajo por acción de la gravedad sobre ese punto.



Por esta razón si se dispara en una altitud menor a la cual el fusil fue puesto a cero, y si se considera solamente que cambió la altitud, el punto de impacto va a ser más bajo porque a menor altitud la densidad del aire va a ser mayor, y por lo tanto, mayor será la resistencia del aire aplicada a la bala.



Por otro lado si se dispara a mayor altitud, el punto de impacto será alto, porque a mayor altitud, menor es la densidad, por lo que también será menor la resistencia del aire aplicada a la bala.



Muchos tiradores no llevan un barómetro consigo, sino que se fijan en un reporte meteorológico, para saber que condiciones atmosféricas hay, o llevan una tabla con las presiones estándar en distintas altitudes.

Altitud (m)	Presión atmosférica standard (hPa mbar)
0	1013
100	1001
200	989
300	978
400	966
500	955
1000	899
2000	795
3000	701
4000	616
5000	540

La presión atmosférica estándar se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$p = (101325 \times (1 - 0.0000225577 \times \text{altitud})^{5.25588}) / 100$$

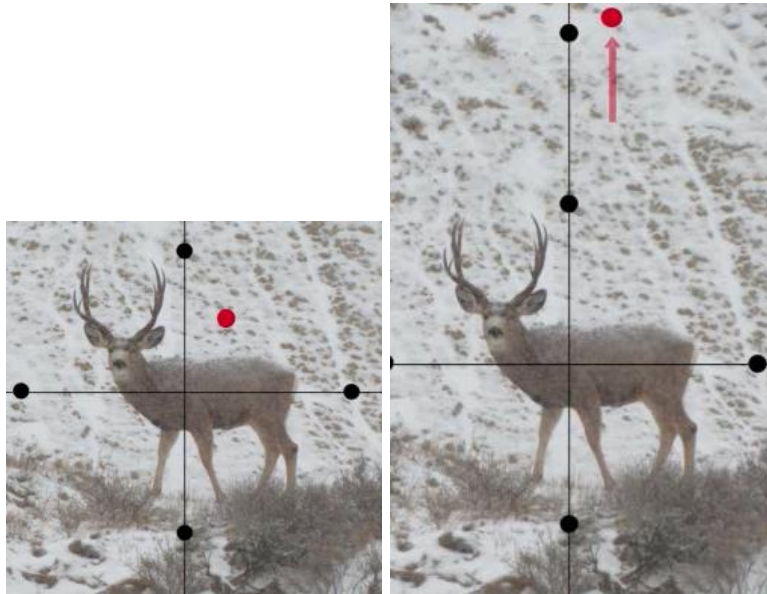
Además, la variación de la presión a bajas altitudes (menos de 1000 metros) se puede estimar en 12 mbar por cada 100 metros de cambio de altitud.

Al igual que en secciones anteriores, se va a analizar hasta qué punto afecta a la trayectoria de la bala el cambio de presión atmosférica.

Barometric Pressure Changes

"STANDARD Conditions"			BP: 1 in Hg Decrease			BP: 5 in Hg Decrease		
.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447 MV: 2,600 fps BP: 29.56 in Hg Air Temp: 60 deg F Humidity: 0%			.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447 MV: 2,600 fps BP: 28.56 in Hg Air Temp: 60 deg F Humidity: 0%			.308 Winchester Sierra 168 grn BTHP MK BC: 0.447 MV: 2,600 fps BP: 24.56 in Hg Air Temp: 60 deg F Humidity: 0%		
RANGE (meters)	ELV (MOA)		RANGE (meters)	ELV (MOA)	actual change from STD Cond.	RANGE (meters)	ELV (MOA)	actual change from STD Cond.
100	0.0		100	0.0	0.0	100	0.0	0.0
200	2.5		200	2.5	0.0	200	2.4	-0.1
300	5.9		300	5.8	-0.1	300	5.6	-0.3
400	9.9		400	9.7	-0.2	400	9.3	-0.6
500	14.4		500	14.2	-0.2	500	13.4	-1.0
600	19.7		600	19.4	-0.3	600	18.1	-1.6
700	25.9		700	25.3	-0.6	700	23.3	-2.6
800	33.0		800	32.2	-0.8	800	29.2	-3.8
900	41.2		900	40.1	-1.1	900	35.9	-5.3
1000	50.6		1000	49.0	-1.6	1000	43.4	-7.2

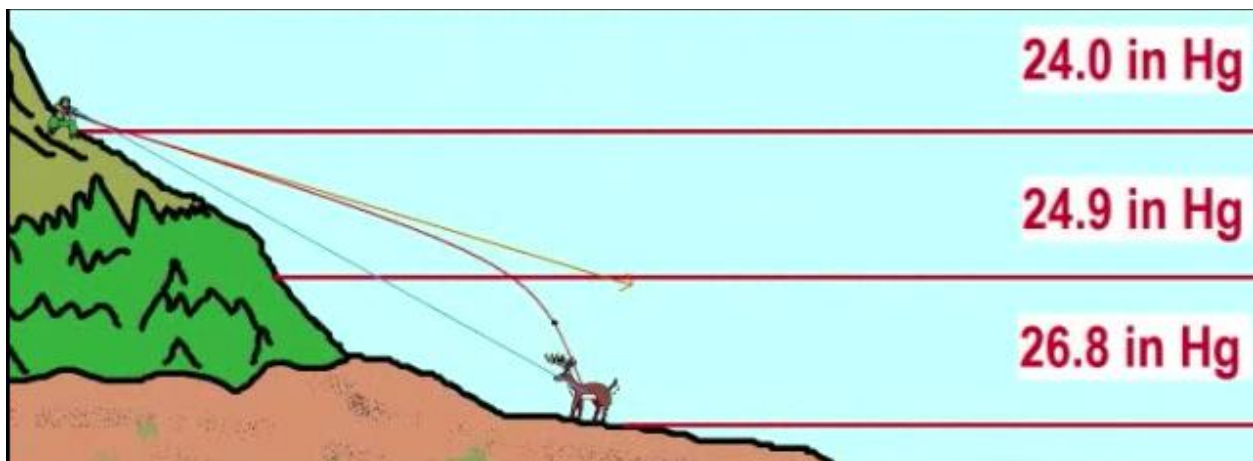
Se puede observar que si la presión baja 25.4 mmHg (1 inHg = 25.4 mmHg), a 1000 metros el punto de impacto sin corrección sería 1.6 MOA arriba, como se observa en la siguiente imagen (recordar que la deriva es por efecto coriolis y *spin drift*). Si la presión baja 127 mmHg, a 1000 metros el punto de impacto sin corrección sería de 7,2 MOA arriba.



Como se puede ver en el ejemplo, los cambios de presión atmosférica pueden hacer que el punto de impacto cambie lo suficiente para fallar incluso por varios metros (a 1000 metros de distancia 1 MRAD es cercano a 1 metro). Por otro lado no es muy confiable tener una tabla de presiones estándar según la altitud, ya que son muchos los factores que cambian la presión atmosférica, incluyendo la temperatura, por lo que la mejor opción es tener un barómetro y medir la presión atmosférica en el momento, y de esta manera se puede ignorar el valor de altitud. De todas maneras se recomienda tener de backup la tabla de presiones atmosféricas estándar a distintas altitudes, solo por si acaso.

Es bueno hacer una aclaración aquí, y es que no sirve de nada sacar los datos de presión atmosférica utilizando smartphones. Esto se debe a que muchos de estos aparatos sacan la información de los centros meteorológicos (como *weather channel*) y estos centros distribuyen los datos “normalizados”, ajustados a una misma altitud para que sean comparables entre otras zonas (es decir, no es la presión atmosférica exacta), por lo que los datos obtenidos de esa forma **no son precisos para D.D.Ext.**

Otra cosa que hay que tomar en cuenta es cuando se dispara a través de varias zonas de presiones distintas, aunque esto solo aplica al disparar en ángulos excesivamente empinados.



13.1.6. Correcciones por viento

****SNIPER 101 Part 31 - Wind Corrections (1/2)****

****SNIPER 101 Part 32 - Wind Corrections (2/2)****

Se aclara desde este momento que la corrección por viento no es tan sencilla como los temas de las secciones anteriores (corrección por temperatura, humedad y presión atmosférica), dado que el viento en comparación con los factores anteriores, cambia de intensidad y dirección constantemente (de segundo a segundo) y muchas veces es muy difícil obtener buenas mediciones. Dado que no hay demasiados instrumentos que se puedan usar para poder obtener buenas mediciones, es necesario basarse en la experiencia. El viento es sin duda el factor más difícil de manejar.

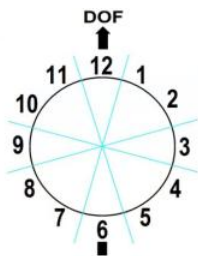
En pocas palabras, el viento empujará la bala hacia la dirección que sopla. Ahora, viendo el perfil de la bala utilizada, se podrá hacerse una idea en qué dirección con respecto a la bala el efecto del viento será mayor. Si el viento viene lateralmente, el área donde el viento “empuje” será mayor, que si fuera en el mismo dirección que el eje de la bala (de frente o desde atrás).



Si el viento sopla desde la izquierda, el punto de impacto será hacia la derecha, si el viento sopla desde la derecha, el punto de impacto será hacia la izquierda. Si el viento sopla desde el frente, la resistencia del aire será mayor, por lo que el punto de impacto será más bajo mientras que si el viento sopla desde atrás, la resistencia del aire será menor, por lo que el punto de impacto será más alto, aunque ambos efectos son mínimos (tomar en cuenta que una bala de fusil puede viajar en torno a los 3300 km/h en comparación a la velocidad del viento casi siendo temporal que podría ser de 60 km/h). Cuando el viento sopla en ángulo, el efecto que tiene en cada dirección y como compensarlo depende de varios sistemas existentes que se verán a continuación.

13.1.6.1. Método del reloj

Uno de los métodos utilizados por francotiradores de combate, es **el método del reloj**, y está explicado en varios manuales de campo (*field manual*).



En el método del reloj, se utilizan los números de un reloj analógico (del 1 al 12) para designar direcciones. Hacia el 12 sería la dirección de tiro, el 6 a la espalda del tirador, 9 a la izquierda y 3 a la derecha. Si el viento sopla desde las 10 en punto, sería desde la izquierda y un poco desde adelante (y hacia las 4 en punto). Siempre se indica desde qué punto el viento sopla; si se dice viento a las 2 en punto, quiere decir que el viento sopla desde las 2 en punto.

.308 Win - 10 MPH WIND CARD

Sierra 168 grn BTHP MK

BC: 0.447

MV: 2,600 fps

BP: 29.56 in Hg

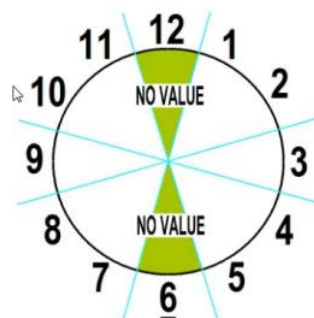
Air Temp: 60 deg F

Humidity: 0%

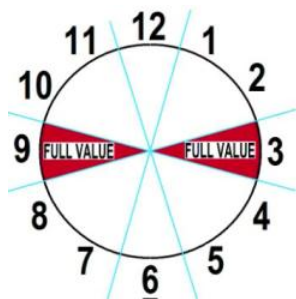
		WIND ANGLE		
RANGE	ELV	90 deg	0 deg	180 deg
		(MOA)	(MOA)	(MOA)
(meters)	(MOA)	L or R	UP	DOWN
100	0.0	0.9	0.0	0.0
200	2.5	1.8	0.0	0.0
300	5.9	2.9	0.0	0.1
400	10.0	4.0	0.1	0.1
500	14.7	5.4	0.1	0.1
600	20.3	6.8	0.2	0.1
700	26.8	8.4	0.2	0.2
800	34.5	10.2	0.4	0.3
900	43.5	11.9	0.6	0.5
1000	53.8	13.7	0.8	0.9

La forma de aplicar el método del reloj, es tener una tabla balística con datos de corrección para distintas distancias y para un valor de velocidad de viento dado, como puede ser 10 mph (millas por hora) que serían unos 16 km/h. El ángulo y la velocidad del viento determinará cuál valor tomar y en qué magnitud. El diseño de estas cartas está pensado para distancias máximas cercanas a los 1000 metros, por lo que no se está hablando de distancias extremas.

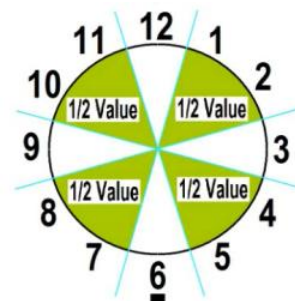
Analizando ahora las zonas delimitada por las distintas direcciones del reloj, se podrá ver que las zonas verdes de “sin valor”, que son las 12 y 6 (0° y 180°, viento soplando desde el frente o desde atrás), donde NO se tendrían que hacer correcciones laterales (aunque si correcciones de altitud, como se verá más adelante).



Luego se tienen las zonas 3 y 9, que son con viento cruzado, 90° y 270° donde el valor de la tabla se considera total.



Por último, se tienen las zonas [1, 2], [4, 5], [7, 8] y [10, 11], que son las zonas de “valor medio”. Cuando el viento sopla desde cualquiera de estas zonas, se considera la mitad del valor de la tabla. Esta forma de calcular la corrección no es muy precisa pero hay que tomar en cuenta que es por esto que este método está pensado para distancias no demasiado lejanas a causa del nivel de simplificación con el que fue creado el método. Al ser un método simple permite aplicarlo más rápido que otros métodos, a costa de falta de precisión.



Ahora que se explicó un método para compensar la desviación generada por el viento, se pasará a ver un método para poder determinar la velocidad del viento. Una herramienta que permite medir la velocidad del viento en la posición final de disparo O FFP (*Final Firing Position*) es el anemómetro, pero sin embargo como se habló antes, es muy probable que el viento sea distinto en el FFP que a lo largo de la trayectoria del proyectil. Es por lo esto que es necesario un método que permita determinar la velocidad del viento mediante observación a distancias entre el blanco y el tirador.

13.1.6.2. Método de la bandera

Uno de los métodos comunes para determinar la velocidad del viento es el **método de la bandera**, aunque esto es útil solamente si se tiene una bandera de referencia..

Una forma muy aproximada de calcular la velocidad del viento, es dividir entre 4 el ángulo que forma la bandera con la vertical , y el resultado es en millas por hora.



$$\frac{\text{Ángulo de la Bandera (en grados)}}{4} = \text{Velocidad del viento en MPH}$$

Transformado a km/h:

$$\frac{\text{Ángulo de la Bandera (en grados)}}{2,5} = \text{Velocidad del viento en Km/h}$$

Entonces, por ejemplo, un ángulo de 60° grados equivale a unas 15 mph (24 km/h).

13.1.6.3. Método de sensación (*feel method*)

Otro método que se puede utilizar es el **método “de sensación”** (*Feel Method*) y se trata de deducir la velocidad del viento tomando en cuenta cómo se siente en el cuerpo del tirador. A continuación se muestra una leve descripción de cómo se siente el viento a distintas velocidades.

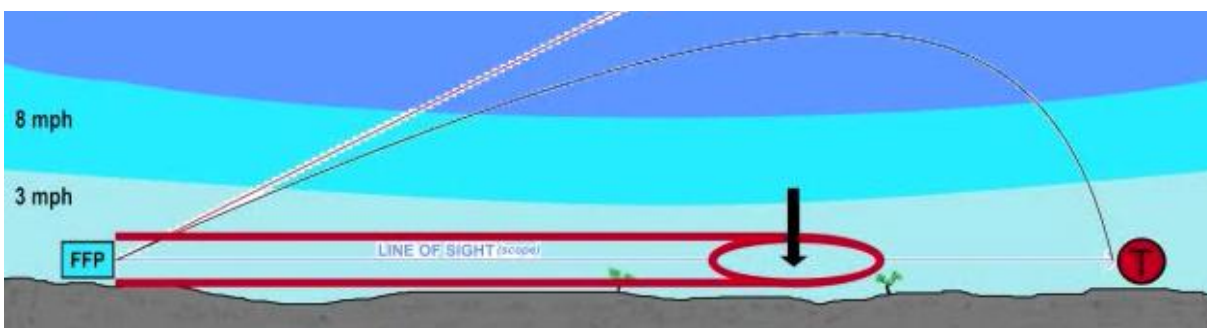
- Cuando la velocidad del viento es menor a 3 mph (4,8 km/h), difícilmente se siente y el humo se desvía levemente. Un viento de 4,8 km/h tiene un desvío de (usando los mismos ejemplos que se han utilizado anteriormente) de 1,1 MRAD aproximadamente a 1000 metros.
- De 3 a 5 mph (4,8 a 8 km/h) empieza a apenas sentirse en la cara.
- De 5 a 8 mph (8 a 12,8 km/h) las hojas de los árboles están en constante movimiento (hacia un lado y hacia el otro).
- De 8 a 15 mph (12,8 a 24 km/h) los árboles pequeños empiezan a balancearse. Esto requiere experiencia ya que depende mucho de la vegetación que haya.

13.1.6.4. Espejismos (*mirage*)

La mejor forma de determinar la intensidad y dirección del viento es con los **Espejismos (*Mirage*)**. El espejismo es una distorsión de la luz al atravesar capas de aire caliente de diferente densidad, lo que se puede observar como una “vibración” en el aire y muchas veces como una imagen invertida de objetos lejanos y otras parecen como charcos de agua (es común verlos en las carreteras). Dependiendo del día hay veces que es difícil ver el espejismo, ya que depende en parte de la temperatura del suelo y la atmósfera.

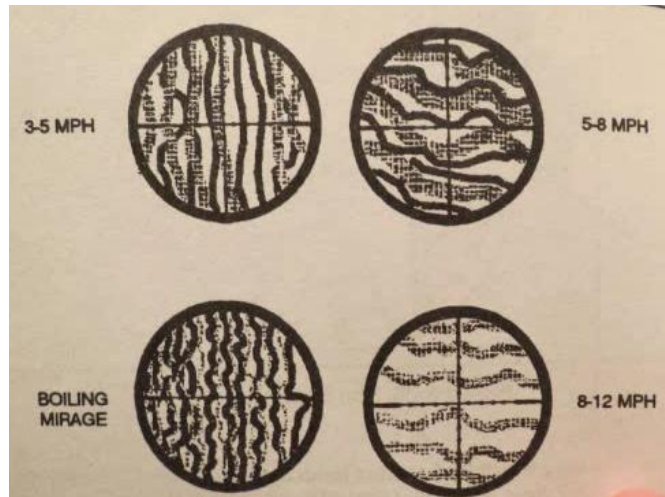


La mejor forma de usar los espejismos para determinar la velocidad y dirección del viento es a través de un catalejo (o mira óptica si no hay otra opción), y en este caso si puede ser útil tener bastante aumento, para poder ver mejor el espejismo. Se observa un objeto que esté más o menos al 60% de la distancia al objetivo (NO en el objetivo) que corresponde a la distancia aproximada de la ordenada máxima, y se ajusta el foco del catalejo para ver perfectamente nítido ese objeto, para luego apuntar el catalejo al objetivo. Lo que pasaría en ese momento es que se verá el objetivo fuera de foco, pero se tiene catalejo enfocando el aire en frente del objetivo.



En el *U.S Field Manual Nro 23-10* hay esquemas de cómo se debería ver el espejismo con distintas velocidades del viento (aunque es difícil dibujar el espejismo), pero se requiere experiencia para poder interpretarlo. Básicamente, el ángulo de las ondas depende de la velocidad del viento.

En la siguiente tabla se pueden ver las distintas velocidades de viento estimadas dependiendo del ángulo de las ondas del espejismo.



Velocidad del viento (km/h)	Espejismo
Viento cambiando de dirección constantemente / Viento de frente / Viento de cola / Sin viento	Hirviente (vertical)
2-5	Formando 60° con la horizontal
6-11	Formando 45° con la horizontal
13-20	Horizontal

El caso del “*boiling mirage*” o “espejismo hirviente”, quiere decir que el viento sopla hacia adelante o hacia atrás (hacia el observador), que como se vió en el método del reloj, no necesita corrección de deriva, aunque el problema es que también puede significar que el viento está cambiando de dirección constantemente de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, por lo que es muy arriesgado; de hecho algunos tiradores no realizan el disparo si el espejismo es “hirviente”.

13.1.6.5. Método de la fórmula

Hay otra variante de como calcular las correcciones del viento alternativa a tener una tabla balística con distintos datos, y es utilizando una fórmula y constantes. La fórmula se nombra en el *U.S Field Manual Nro 23-10*. Las constantes dependen del cartucho a utilizar. El siguiente ejemplo es con el cartucho M118 (7.62x51, 175 grains BTHP).

$$\frac{\text{Distancia (cientos de metro)} \times \text{Velocidad del viento (mph)}}{\text{CONSTANTE}} = \text{Corrección en MOAs}$$



Entonces si por ejemplo, se quiere determinar la corrección a 900 metros con un viento de 8 millas por hora, la fórmula quedaría: $9 \times 8 / 12 = 6$ MOAs.

Antes de continuar con otros métodos de determinación y corrección por viento, se verá un ejemplo para mostrar el desvío de una bala provocado por el viento.

13.1.6.6. Ejemplo de desvío por viento

Para el ejemplo se usa la misma tabla que se utilizó en los ejemplos anteriores.

.308 Win - 10 MPH WIND CARD Sierra 168 grn BTHP MK				
BC:	0.447			
MV:	2,600 fps			
BP:	29.56 in Hg			
Air Temp:	30 deg F			
Humidity:	0%			
WIND ANGLE				
		90 deg	0 deg	180 deg
RANGE	ELV	(MOA)	(MOA)	(MOA)
(meters)	(MOA)	L or R	UP	DOWN
100	0.0	0.9	0.0	0.0
200	2.6	1.9	0.0	0.0
300	6.0	3.0	0.0	0.0
400	10.2	4.3	0.1	0.0
500	15.0	5.7	0.1	0.1
600	20.8	7.3	0.2	0.2
700	27.7	9.0	0.3	0.3
800	35.9	10.9	0.4	0.4
900	45.5	12.8	0.6	0.7
1000	56.7	14.7	0.9	1.0

.308 Win - 10 MPH WIND CARD Sierra 168 grn BTHP MK				
BC:	0.447			
MV:	2,600 fps			
BP:	29.56 in Hg			
Air Temp:	60 deg F			
Humidity:	0%			
WIND ANGLE				
		90 deg	0 deg	180 deg
RANGE	ELV	(MOA)	(MOA)	(MOA)
(meters)	(MOA)	L or R	UP	DOWN
100	0.0	0.9	0.0	0.0
200	2.5	1.8	0.0	0.0
300	5.9	2.9	0.0	0.1
400	10.0	4.0	0.1	0.1
500	14.7	5.4	0.1	0.1
600	20.3	6.8	0.2	0.1
700	26.8	8.4	0.2	0.2
800	34.5	10.2	0.4	0.3
900	43.5	11.9	0.6	0.5
1000	53.8	13.7	0.8	0.9

.308 Win - 10 MPH WIND CARD Sierra 168 grn BTHP MK				
BC:	0.447			
MV:	2,600 fps			
BP:	29.56 in Hg			
Air Temp:	90 deg F			
Humidity:	0%			
WIND ANGLE				
		90 deg	0 deg	180 deg
RANGE	ELV	(MOA)	(MOA)	(MOA)
(meters)	(MOA)	L or R	UP	DOWN
100	0.0	0.8	0.0	0.0
200	2.5	1.7	0.0	0.0
300	5.9	2.7	0.0	0.0
400	9.8	3.8	0.0	0.1
500	14.4	5.1	0.1	0.1
600	19.7	6.4	0.1	0.2
700	26.0	7.9	0.3	0.2
800	33.2	9.5	0.3	0.3
900	41.6	11.1	0.5	0.5
1000	51.2	12.7	0.7	0.8

Aclaración: en estos ejemplos para poder mostrar de forma aislada el efecto de la desviación generada por el viento a distintas temperaturas, se deja constante la velocidad inicial para facilitar la comparación. Pero como ya se vió, utilizando el mismo cartucho con la misma carga a mayor temperatura, la velocidad inicial también será mayor.

Las 3 tablas anteriores son para viento de 10 mph, pero a distintas temperaturas:

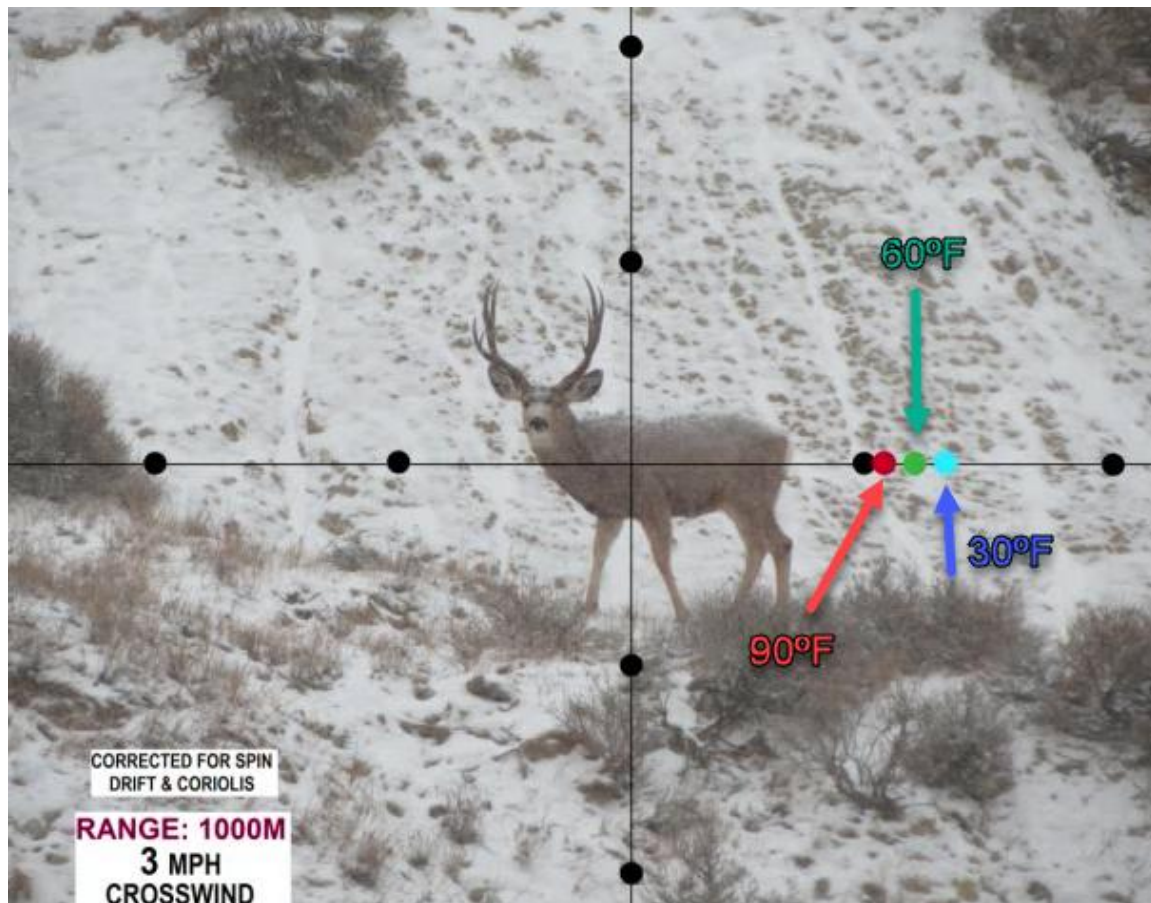
- 30° F (-1.1° C),
- 60° F (15.6° C)
- 90°F (32,2° C)

Como se vió en secciones anteriores, el aire frío es más denso que el aire cálido, por lo que para la misma velocidad del viento el aire frío desviará más la bala de lo que lo haría el aire cálido. Esto se puede observar por ejemplo, viendo a 1000 m la desviación con viento cruzado (ángulo de 90°), la corrección es de:

- 14.7 MOA para 30° F
- 13,7 MOA para 60° F
- 12,7 MOA para 90° F



La imagen anterior, es solamente por viento de 10 mph (que realmente no es muy intenso), pero sin embargo, la desviación del disparo a 1000 metros, es extrema. Si el viento fuera de 3 mph, el cual apenas se siente en la cara, para temperaturas de 30°F, 60°F y 90°F, la desviación hubiera sido la siguiente:



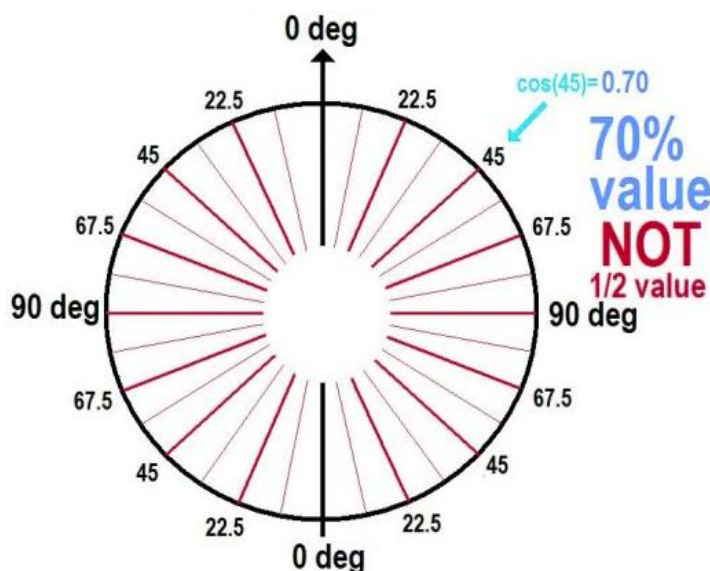
Ahora siguiendo con el ejemplo pero con viento desde las 12 y viento desde las 6, queda claro que la zona de “no valor” del método del reloj, efectivamente afecta el punto de impacto (otra de las razones por la que el método de reloj es útil en cortas distancias). Mientras el viento desde las 6 provoca impactos más arriba, el viento desde las 12 provoca impactos más abajo. Como en los casos de viento cruzado, la temperatura del aire cambia la densidad del mismo y cambia la magnitud del desvío. Es muy importante compensar correctamente por todo, dado que aun sin viento cruzado, el viento puede afectar el punto de impacto.



13.1.6.7. Método del transportador (*Protractor Method*)

Con el método del reloj, si hubiera un viento que sopla desde entre las 1 y las 2 en punto (45°), se tendría que aplicar la mitad del valor de desviación por viento dado que en el método del reloj esas son las zonas de “valor medio”. Sin embargo, eso es una gran simplificación de la realidad, que intuitivamente parece ser correcto (dado que el ángulo es la mitad del ángulo entre viento cruzado y viento de frente), pero en realidad es incorrecto.

En el método del transportador se utiliza trigonometría, por lo que la corrección se realiza utilizando el coseno del ángulo que determina la dirección del viento (siendo 0° hacia adelante, 90° viento desde la derecha, 180° viento de frente y 270° viento desde la izquierda). En el caso de los 45°, realmente sería el 70% del valor de desvío que se tenga para el cartucho dado, y no el 50% como dice el método del reloj. La corrección se aplica tanto al valor de deriva como al valor de altitud.



Crosswind Values	
Crosswind Angle	Cosine
90 Deg	1.000
85 Deg	.996
80 Deg	.985
75 Deg	.965
70 Deg	.939
65 Deg	.906
60 Deg	.866
55 Deg	.819
50 Deg	.766
45 Deg	.707
40 deg	.642
35 Deg	.573
30 Deg	.500
25 Deg	.422
20 Deg	.342
15 Deg	.258
10 deg	.173
5 Deg	.087
0 Deg	.000

$$\cos(45) = .7071067812$$

Este es el método recomendado para calcular correcciones por vientos en ángulo para realizar disparos a distancias extremas.

13.1.6.8. Patrones del viento

En los valles, durante el día, el aire en el valle se calienta por acción del sol, y como el aire caliente sube, esto genera un brisa ascendente.



En estos casos, se tendrá viendo que viene desde abajo en el tramo ascendente (el viento no solo puede venir desde los laterales, de frente o desde atrás, como este caso lo demuestra). Hay que aclarar que esto es una simplificación y que en realidad habrá otro tipo de perturbaciones.

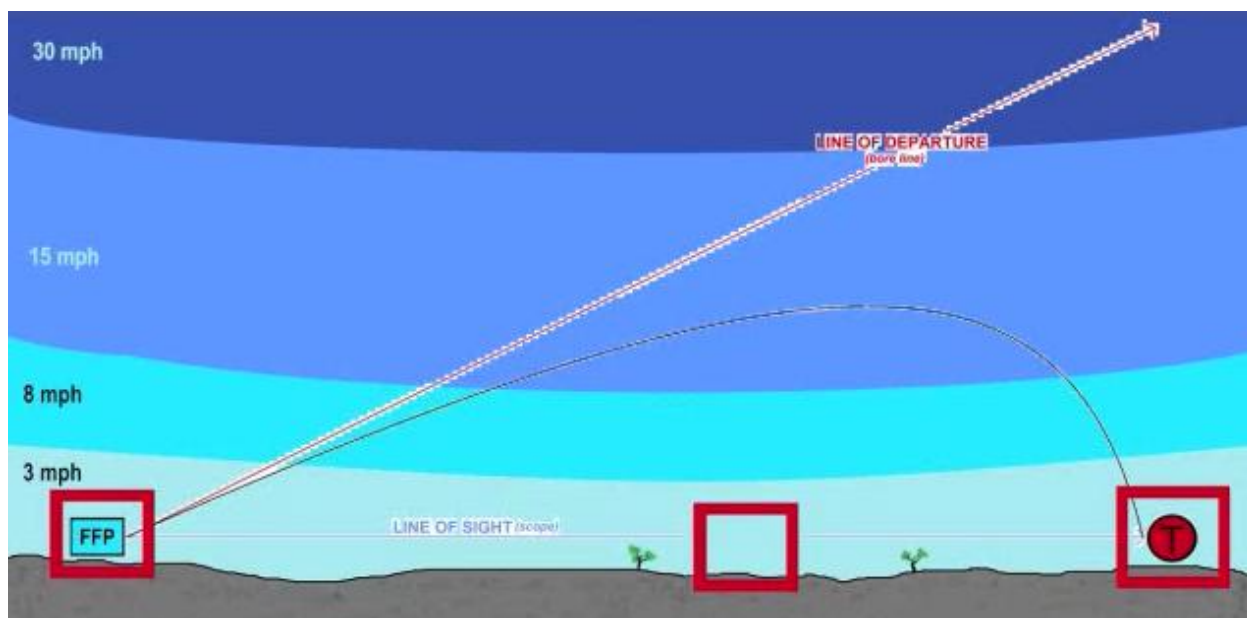
Durante la tarde y noche, las partes elevadas de las colinas empezarán a enfriarse, lo que provocará que el aire caiga en el valle, generando brisas descendentes.



En estos casos, entra en juego la planificación realizada por el tirador, que tendrá que tener en cuenta el ciclo diario, y tratar de elegir un momento del día donde los vientos sean más favorables o poder tener en cuenta las correcciones de antemano.

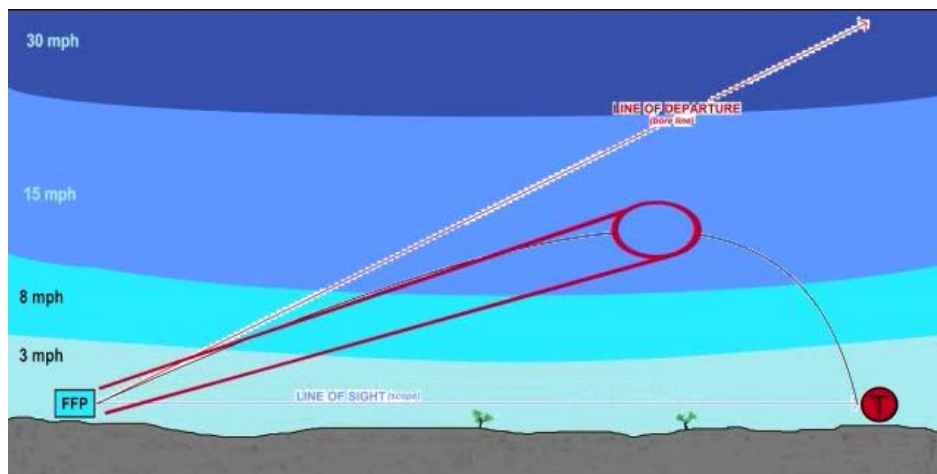
Volviendo ahora a una superficie horizontal, algo que mucho tiradores hacen para calcular la velocidad del viento, es promediar las velocidades del viento en el punto inicial (FFP), en el

blanco y a media distancia, aproximadamente debajo de la ordenada máxima (determinando la velocidad utilizando alguno de los métodos vistos anteriormente).



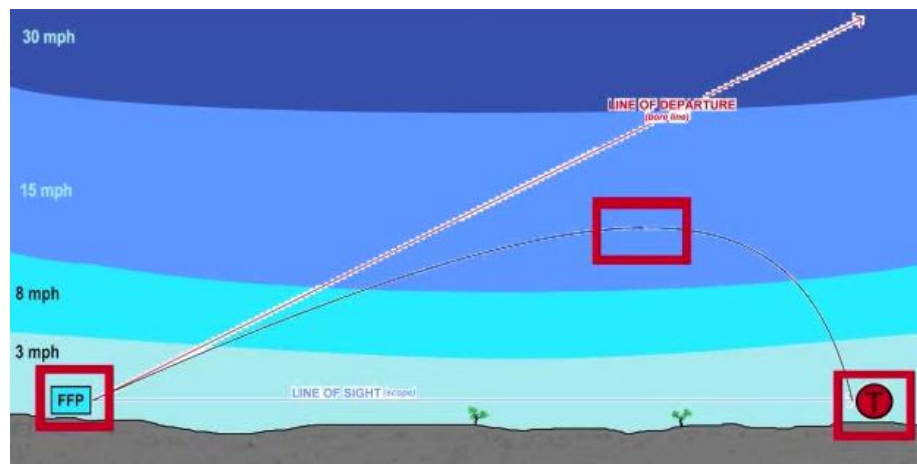
El problema de esto es que no se está tomando en cuenta la forma de la trayectoria, y que a ciertas distancias, la ordenada máxima puede tener una altura de casi 40 pies (12 metros), y que el viento a esta altura puede tener una velocidad bastante mayor que la que tiene en la superficie.

Para solucionar esto, se podría determinar la velocidad del viento observando los espejismos en la ordenada máxima. Cuando se hagan las tablas balísticas, se tendrán funciones primarias y funciones secundarias, y en estas últimas es donde estará la altura

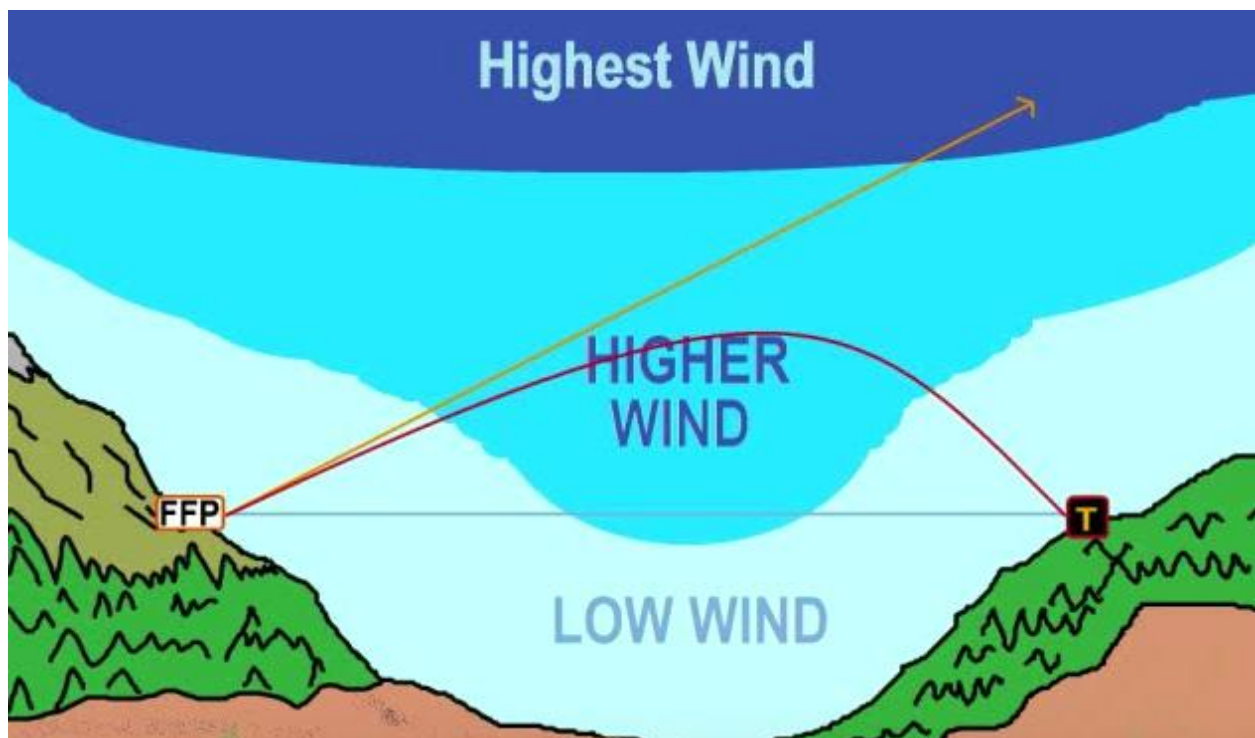


y la distancia de la ordenada máxima dependiendo de la distancia al blanco. Entonces, para determinar la velocidad del viento en la ordenada máxima, se enfoca la mira o catalejo en un objeto que esté a la distancia de la ordenada máxima en el piso, y luego se apunta aproximadamente a donde estaría la ordenada máxima y ahí se obtiene la lectura del espejismo (esto será más difícil que tomar una lectura de un espejismo en tierra).

Cuanto mayor sea la cantidad de medidas que se tomen para promediar, mejor será el entendimiento de los patrones del viento que sucedan en el área de operaciones.



Todo esto se puede complicar más aún cuando se habla de terreno desigual, como en los valles. En los valles lo que pasa es que pueden haber túneles de viento a alta velocidades, que no serán detectables en el FFP. El valle no tiene que ser muy profundo para generar este efecto, podría ser apenas una depresión leve entre el blanco y el tirador que genere que la altitud de la trayectoria con respecto a la tierra sea considerablemente alta, donde habrá corrientes de aire a mayor velocidad que en el resto de la trayectoria.



13.1.7. Correcciones por ángulo de tiro

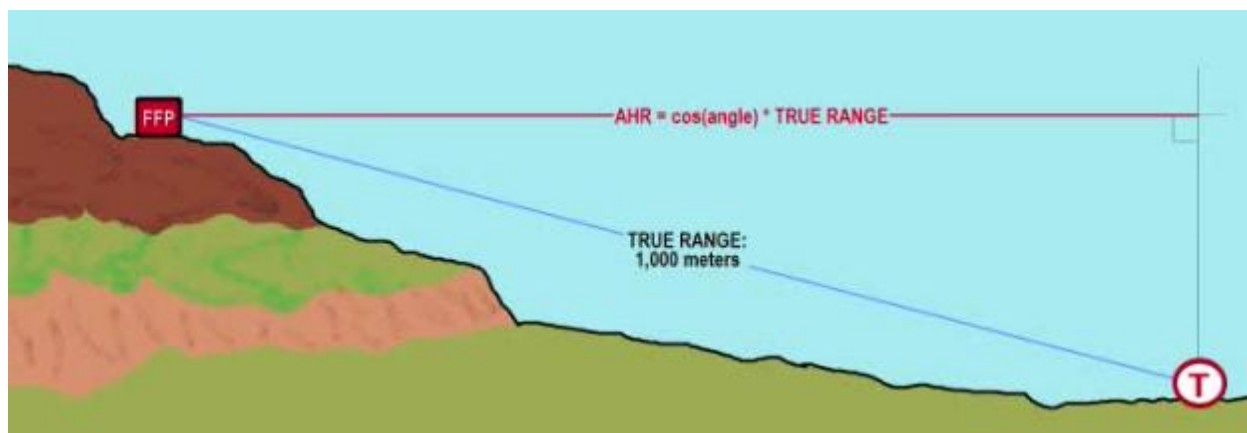
****SNIPER 101 Part 33 - Angle of Fire Corrections****

En esta sección se explican los factores a tomar en cuenta cuando se dispara formando un ángulo con la horizontal (es decir, el objetivo no está a la misma altura que el tirador).

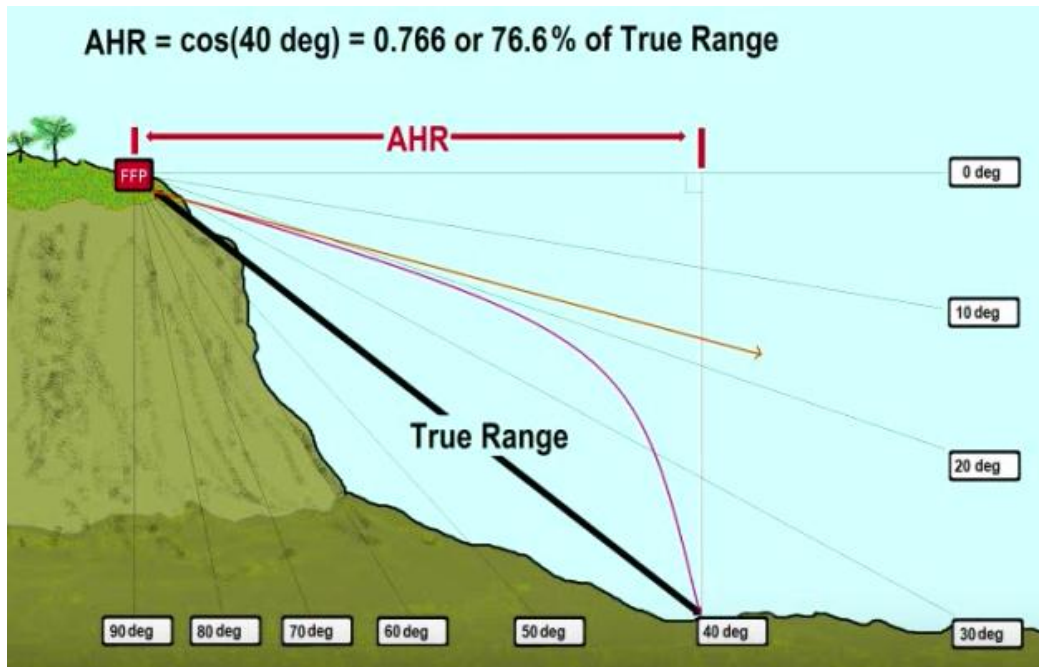


En estos casos se tienen que tomar en cuenta dos distancias distintas:

- Distancia real (*True Range*): Distancia lineal entre tirador y objetivo
- Distancia horizontal (*Actual Horizontal Range*): Distancia entre el tirador y objetivo sin tomar en cuenta la distancia vertical. Dicho de otra manera, componente horizontal de la distancia real.



Si se mira la imagen anterior, se observa que se forma un triángulo, donde el vértice por encima del objetivo T tiene ángulo recto, y el lado formado por los vértices FFP y T (distancia real) es la hipotenusa. Por lo tanto la distancia real, es mayor que la distancia horizontal y esta diferencia se hace más notoria cuanto mayor sea el ángulo de tiro.



Una cosa a tomar en cuenta a grandes rasgos, es que cuando se dispara en ángulo mayor a 0° (es decir, hacia arriba o hacia abajo), el punto de impacto será más alto que disparando en la horizontal. Si bien hay una pequeña diferencia en cuanto a que tan arriba pega dependiendo si el ángulo es considerado hacia arriba o hacia abajo, en la práctica esta diferencia es tan pequeña que para simplificar se asume que lo único importante es la magnitud del ángulo y no su dirección.

Ejemplificando, si se tiene el fusil ajustado para impactar a 1000 metros donde el blanco está a la misma altura que el tirador y luego se dispara a un objetivo a 1000 metros de distancia con un ángulo de 15° (sin importar si es hacia arriba o hacia abajo), el punto de impacto no será en el centro, sino que será más arriba. Esto es porque al disparar en ángulo, la distancia horizontal es 965,9 metros (porque el coseno de 15° es 0,9659).

$$\text{Distancia horizontal} = \text{Distancia real} \times \text{COSENO}(\text{ángulo de tiro})$$

Cuando se calcule la compensación por:

- Efecto de la gravedad:
 - Se tomará en cuenta la distancia horizontal.
- Factores atmosféricos (resistencia con el aire, deriva causada por el viento, etc)
 - Se tomará en cuenta la distancia real.

Es importante no aplicar todas las correcciones con la distancia horizontal, sino las correcciones por factores atmosféricos no serán suficientes para compensar el desvío (especialmente correcciones por el viento).

Para determinar el ángulo de tiro, se pueden utilizar varias herramientas. Algunos telémetros láser ya miden el ángulo de tiro y la distancia horizontal, aunque teniendo el ángulo y la distancia real ya es suficiente para determinar la distancia horizontal. Otra herramienta para poder medir el ángulo es utilizando un Mildot Master, la cual tiene la capacidad de utilizar una cuerda con un contrapeso para poder medir el ángulo de tiro.

13.2. Balística Interior avanzada

SNIPER 101 Part 34 - Advanced Internal Ballistics - Introduction

Como se explica en la introducción de este capítulo, la balística interior se encarga del estudio de todos los factores que ocurren dentro del sistema del arma, antes que la bala deje el cañón. Muchos de estos factores no son muy bien conocidos por los tiradores, o muchas veces tienen conceptos poco precisos sobre los mismos, pero pueden provocar inconsistencias que lleven a un cambio muy grande en el punto de impacto. En las siguientes subsecciones se tratan muchos de estos puntos y se plantean soluciones a los mismos.

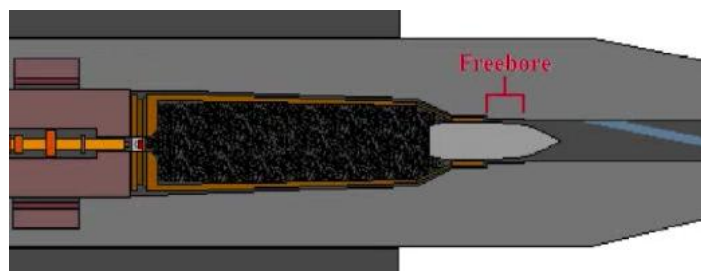
13.2.1. Secuencia de los eventos balísticos interiores

SNIPER 101 Part 35 - Sequence of Internal Ballistic Events

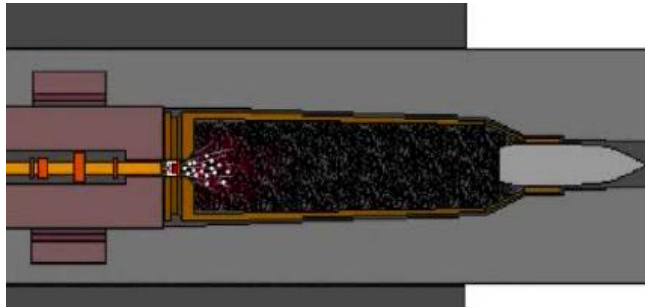
Antes de seguir con los factores que afectan el eje del cañón y los que cambian la velocidad inicial, es necesario tener una idea básica de la secuencia de eventos que ocurren dentro del fusil. Más adelante se tratan con mayor detalle.



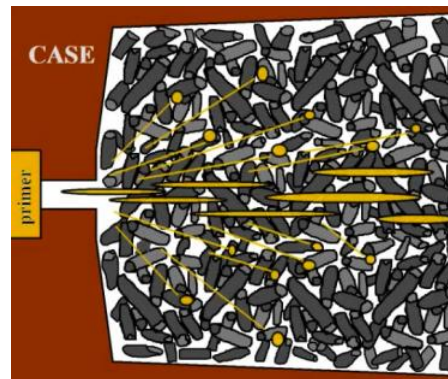
El cartucho entra en la recámara. La bala queda a cierta distancia de tocar las estrías (a esta distancia se le suele llamar *freebore*).



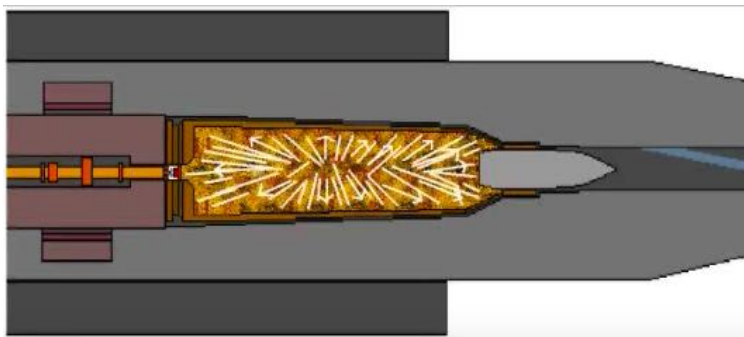
Al accionar la cola del disparador, se suelta el percutor y este golpea el fulminante. El fulminante se deforma apretando el contenido del mismo el cual genera una pequeña explosión que fluye hacia el interior de la vaina.



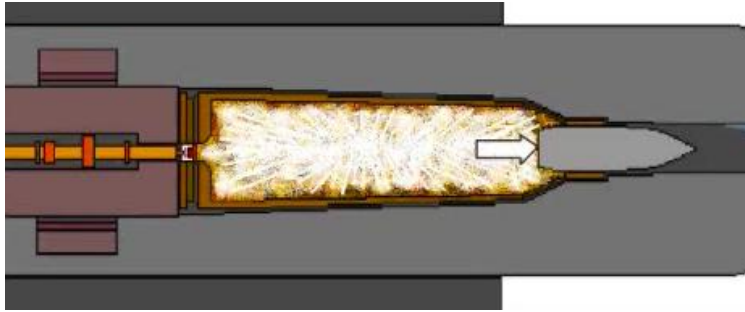
El gas caliente de la explosión del fulminante se filtra entre los granos de la pólvora y enciende la superficie de los mismos, la cual empieza a deflagrar (quemarse sin explosión; recordar que la pólvora es un combustible y no un explosivo).



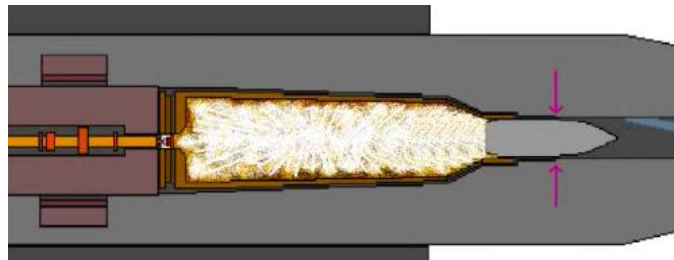
Los gases generados mientras se deflagra la pólvora no tienen por donde salir, por lo que la presión dentro de la vaina (la cual está apoyada en la recámara y en la cara del cerrojo) empieza a aumentar, al igual que la temperatura. La velocidad de combustión de la pólvora, aumenta con la presión por lo que cuanto más presión haya dentro de la vaina, más rápido se quema la pólvora.



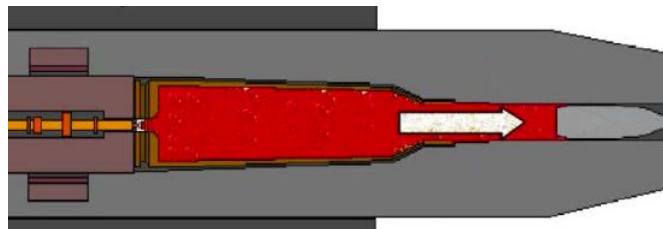
Cuando la presión interior llega al punto que la fuerza ejercida sobre el proyectil supera la fuerza de rozamiento con la vaina que mantiene la punta en su lugar, la punta se empieza a mover hacia adelante hasta que toca estrías. Esto en algunos casos sucede con la presión generada con el fulminante. Este punto se conoce como “presión de comienzo de disparo” (*Shot Start Pressure*).



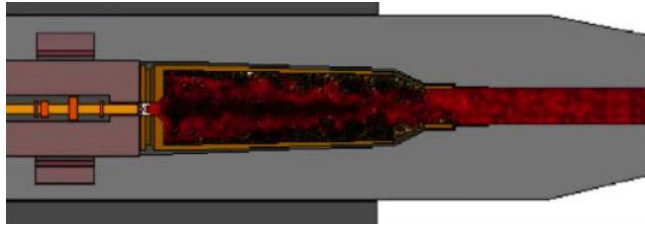
En el momento que la punta toca la estría nuevamente aumenta la resistencia de la punta a moverse, dado que la punta tiene que deformarse para tomar la forma de las estrías.



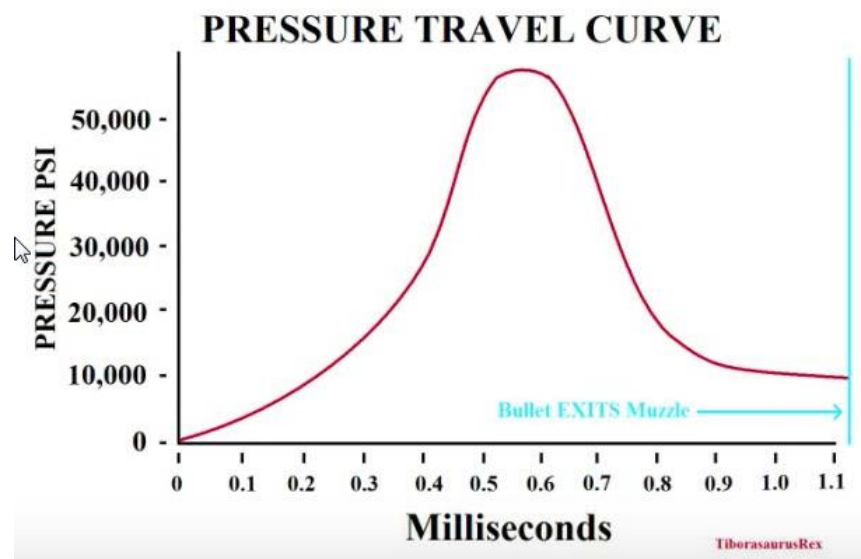
Luego de la deformación de la punta generada por la fuerza de la presión, la resistencia disminuye nuevamente y la punta empieza a acelerar a través del cañón.



El volumen de la cavidad formada por la recámara e interior del cañón por detrás de la punta aumenta, mientras a la vez se siguen generando gases. Si bien aumenta el volumen interior, la presión sigue aumentando por los gases generados.



Cuando la punta abandona el cañón, la presión es sólo una fracción de lo fue en su pico más alto. En este momento, y a corta distancia de la boca del cañón, al proyectil le queda una muy pequeña cantidad de aceleración por los gases que se expanden al salir de la boca del cañón (que es lo que genera el estampido).



A grandes rasgos, sólo un tercio de la energía utilizada en todo este proceso es utilizada para acelerar el proyectil hacia adelante, el resto es absorbido por el fusil en forma de retroceso y calor.

Es importante tener en cuenta todo este proceso, porque un pequeño cambio como puede ser de fricción en el ánima del cañón, afectaría la curva de presión, que a su vez afectaría las ondas de vibración que se mueven a través del fusil, lo que generaría un cambio en el eje del cañón y un cambio en el punto de impacto (sin tomar en cuenta el cambio del punto de impacto por potenciales variaciones de velocidad).

En resumen, hay dos fuerzas opuestas que actúan en todo el proceso.

- La fuerza generada por los gases del propelente que empuja el proyectil hacia adelante
- La fuerza de fricción que ejerce el ánima del cañón sobre el proyectil

13.2.2. Variación del eje del cañón por problemas de vibraciones internas

SNIPER 101 Part 36 - Bore Axis Shifts Due to Internal Rifle Vibration Issues

Hay dos factores principales referentes a balística interior que pueden provocar un cambio en el punto de impacto:

- Variación del eje del cañón (*Bore Axis Shift*) (se explica en esta sección).
- Variaciones en la velocidad inicial.

Como se vió en el capítulo 5, las ondas armónicas pueden tener un gran efecto en el punto de impacto. Hay que aclarar que no se puede eliminar la variación del eje del cañón debido a las vibraciones, sino que lo que se busca es la suficiente consistencia para que para cada disparo, la posición del eje del cañón esté en el mismo lugar y no en un lugar distinto para cada disparo.

Cuando se tiene un problema con inconsistencias vibratorias debido a problemas con la rigidez del fusil, esto provoca que exista un “efecto látigo” inconsistente en la boca del cañón. Este efecto látigo --al igual que las vibraciones-- no están limitadas en el plano vertical, sino que podrían ser también hacia los lados, lo que provoca que los disparos se dispersen hacia cualquier dirección.

Algunos de los factores que pueden causar este efecto látigo inconsistente son:

- Puntos de contacto entre el cañón y la culata
- Deformación de la culata
- Bloqueo de los tetones (*locking lugs*)
- Dimensiones de la recámara o el “*headspace*”

Cualquier cambio en estos factores, provocarán un cambio en la forma en que el fusil vibra.

13.2.2.1. Puntos de contacto entre el cañón y la culata

Al igual que cuando se toca la cuerda de una guitarra, luego que la cuerda está vibrando, si se la toca, cambia el sonido que produce. Esto mismo ocurre con la vibración del cañón al momento del disparo. Si el cañón antes del disparo no está tocando una parte de la culata, pero en el momento del disparo, debido a la vibración la toca, esto cambiará la forma en que vibra y

por lo tanto cambiará el eje del cañón en el momento del disparo. El problema que esto suceda, es cuando lo hace de forma inconsistente (toca para un disparo, pero para el siguiente no). La solución a esto es tener una relación consistente entre la culata y el cañón (junto con la acción).

Hay dos formas de solucionar esto:

- Agregar puntos de tensión (sólidos y constantes) a lo largo del cañón.
- Tener un cañón flotante (*Free-Float Bore*). Esto es remover suficiente material en el frente de la culata de tal forma que el cañón no toque en ningún punto la misma.

13.2.2.2. Deformación de la culata (*Stock Warp*)

Los problemas por deformación de la culata, aplican sobre todo en fusiles donde la culata esté en contacto con el cañón, y cuando ocurre, puede causar serios problemas al momento de realizar el disparo.

Existen varios materiales utilizados para la construcción de culatas y cada uno tiene propiedades distintas.

El material clásico es la **madera** utilizada en las culatas de caza. La madera es sujeta a la deformación si se la compara día a día a causa de cambios de temperatura y humedad. La madera está compuesta por células vegetales, las cuales pueden absorber agua lo que provoca un cambio el tamaño individual de cada célula, por lo cual las dimensiones de la culata también cambian junto con la humedad. Si el cañón está en contacto con la culata, estos cambios de dimensiones provocan un cambio de tensión en el cañón, lo que causa un cambio en el eje del cañón. Por esta razón es que se recomienda “flotar el cañón” y así eliminar completamente este problema.

Se utilizan también culatas de **plástico** por molde de inyección, las cuales son menos propensas a la deformación que las culatas de madera, pero siguen siendo susceptibles, sobre todo por la temperatura, y esto es por la plasticidad del material; con altas temperaturas la culata es menos dura, por lo que la tensión sobre el cañón es menor, mientras que es más dura con bajas temperaturas, por lo que la tensión sobre el cañón es mayor. Al igual que el anterior, lo recomendable es tener un cañón flotante dado que un *glass bedding* tampoco daría buenos resultados por las propiedades de la culata.

Otro tipo de culatas son las fabricadas en **fibra de vidrio** macizas, a diferencia de las de plástico donde muchas veces son “esqueletizadas” (es de decir, huecas). Esto causa que la rigidez de estas culatas sea muy superior. En el caso de las culatas de fibra de vidrio de mayor calidad, donde son muy gruesas, en la práctica no se debería de tener ningún problema de deformación.

De todas maneras, hay que tomar en cuenta que sin importar la culata, se puede deformar si le aplicamos presión en parte delantera de la misma, por ejemplo, si el tirador sostiene diferente el fusil entre tiro y tiro, o el fusil está apoyado en un disparo, pero no en el otro. Por esto último es que muchos tiradores dejan el cañón flotante, dado que de esa forma eliminan el factor de deformación.

Otro problema con las culatas, es con aquellas que tengan dos piezas (por ejemplo, con carrillera ajustable), si tuvieran algún tornillo aunque sea un poco flojo podría afectar las vibraciones del fusil.

13.2.2.3. Bloqueo de los tetones (*locking lugs*)

Los tetones (en inglés, *locking lugs*) son las protuberancias del cerrojo que lo mantiene en su lugar cuando está cerrando la recámara, permitiendo que los gases se expandan dentro de la vaina sin que la misma sea desplazada hacia atrás.



Hay veces que hay una diferencia entre las partes traseras de los tetones y su apoyo en el receptor (es decir, uno de los tetones apoya bien pero el otro queda un poco suelto), por lo que genera una inconsistencia cuando la vaina empieza a empujar la cara del cerrojo al momento del disparo. Cuando esto sucede, muchos tiradores optan por pulir los tetones para que apoyen consistentemente sobre el receptor.

Importante!! El pulido de los tetones debe hacerse como último recurso porque si se hace mal puede ser contraproducente (por ejemplo, se puede arruinar el cerrojo)

13.2.2.3. Dimensiones de la recámara y problemas con el *headspace*.

Dos fusiles pueden tener dimensiones distintas de recámara aunque se trate del mismo modelo e incluso el mismo lote de fabricación, aunque las diferencias sean mínimas. Hay veces que la recámara será más estrecha, hay otras en donde será más holgada, y esto provoca que haya diferencias en el *headspace*.

El *headspace* es la medida desde el lugar donde la vaina apoya y tranca su desplazamiento hacia atrás (la base del culote contra la cara del cerrojo), hasta la parte de la misma que detiene su movimiento hacia adelante. En general en fusiles lo que detiene el movimiento hacia

adelante son los hombros de la vaina, aunque hay casos donde es la pestaña del culote o ranura.

El headspace no puede ser ni muy estrecho ni muy holgado. Si el headspace es muy estrecho, la vaina sería apretada (y deformada) cuando entra en la recámara, lo que provocaría problemas de presiones, pero si es muy holgado, puede provocar debilitamiento de las vainas (entre otras cosas) dado que al aumentar la presión interna la vaina se estira mientras tenga espacio en la recámara.

Dentro de los valores correctos de headspace, hay diferentes medidas de recámara, pero por lo general es deseable que las dimensiones sean lo más estrechas posible sin reducir la confiabilidad del fusil (por ejemplo, que no provoque problemas de alimentación). De esta manera al momento del disparo, la vaina no tiene movimiento y los resultados son consistentes, siempre y cuando la munición sea consistente cartucho a cartucho.

13.2.3. Erosión del ánima del cañón

SNIPER 101 Part 37 - Chemical Bore Erosion EXPLAINED

Al utilizar un fusil, el cañón del mismo se erosiona (desgasta) por acción de los disparos y luego de cierto nivel de desgaste, esto provocará cambios en el punto de impacto por dos causas principales:

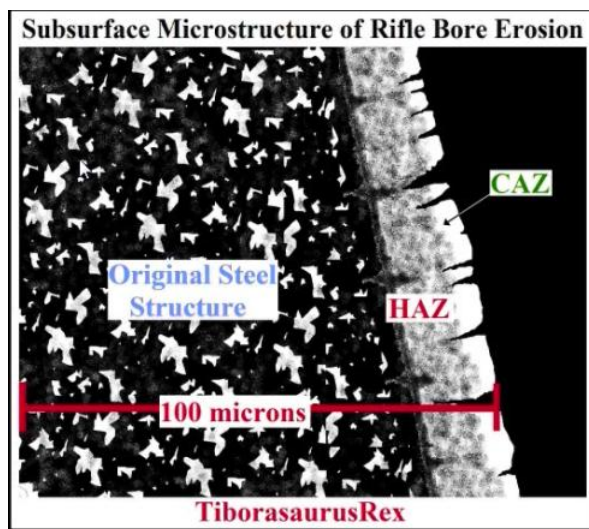
- Cambio en el eje del cañón por variación en los patrones de vibración.
- Variación de la velocidad inicial

La erosión en el cañón es provocada por varios factores interrelacionados:

- Erosión química
- Erosión térmica
- Erosión mecánica

En la siguiente imagen se puede ver un esquema de la microestructura (que no se puede ver a simple vista) de las paredes del ánima del cañón. Se pueden observar varias áreas:

- **CAZ** (*Chemically Affected Zone*): Es la zona blanca, donde las reacciones químicas y el calor han alterado la composición del acero.
- **HAZ** (*Heat Affected Zone*): Esta zona es afectada por el calor.
- **Estructura original del acero** (*Original Steel Structure*): Esta zona no ha sido afectada todavía.

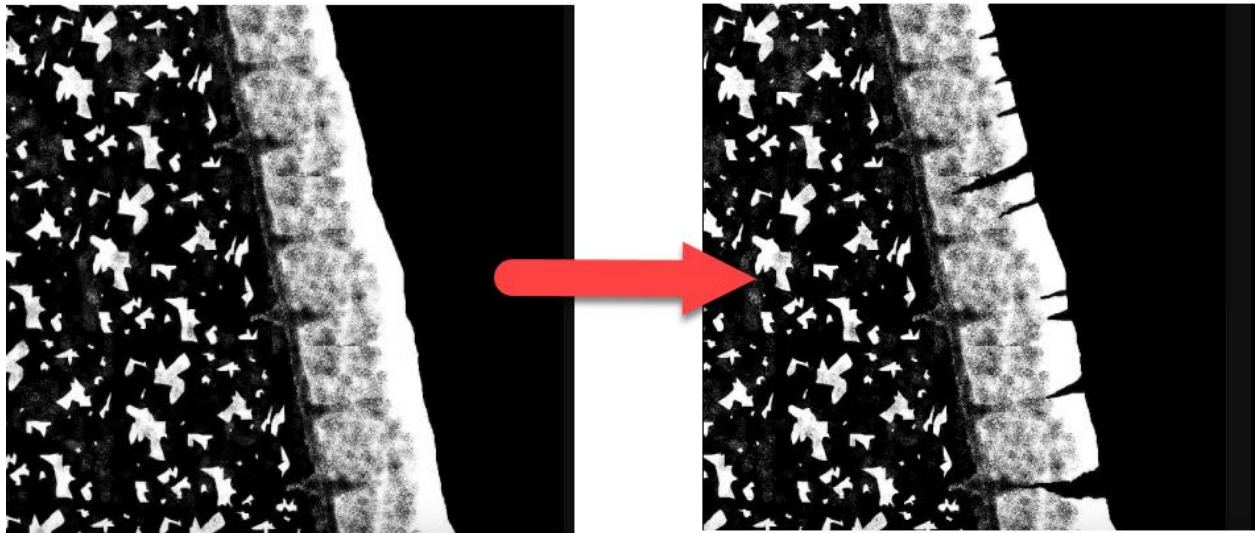


13.2.3.1. Erosión química

La erosión química es provocada por reacciones que tienen lugar entre la superficie del metal y los gases erosivos generados en el disparo, la cual afecta la zona **CAZ** (ver más arriba). Dentro de los gases erosivos generados están el monóxido de carbono, hidrógeno, vapor de agua, dióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno. En la zona **CAZ**, en un proceso de *Carburación*, aparecen zonas de *Cementita*, la cual tiene punto de fusión más bajo (alrededor de 1200°C en comparación con los 1500°C del acero). La cementita es muy dura pero frágil (como el vidrio), por lo que ocasiona que las zonas con cementita sean más susceptibles a la erosión térmica y mecánica.

Otro proceso que ocurre por el gas de Oxígeno, es el proceso de *Oxidación* del acero, lo que genera varios tipos de óxidos, que en algunos casos, incluso ayudan a proteger el metal de los efectos térmicos, por lo que (como se verá en la sección de limpieza), no es deseable eliminar estas zonas.

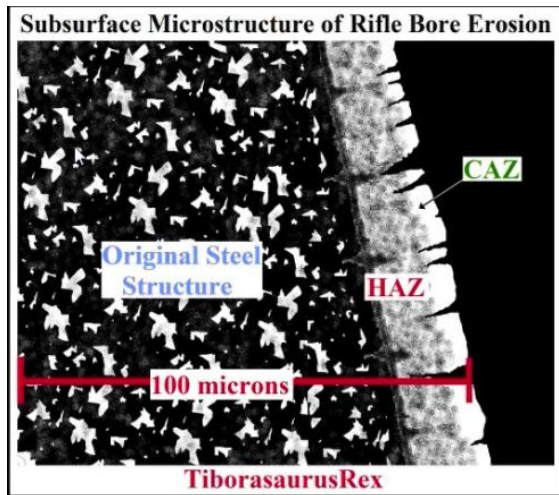
La zona CAZ, al expandirse y contraerse de manera extremadamente rápida por acción del calor, provoca que en las zonas frágiles se generan grietas donde luego el hidrógeno al introducirse continúa el proceso de erosión, haciendo que este gas sea el principal responsable de la erosión química. Este proceso comienza a suceder con los primeros disparos que se realizan con el cañón. Sin embargo, el Nitrógeno tiene un efecto protector.



13.2.3.2. Erosión térmica y mecánica

****SNIPER 101 Part 38 - Thermal and Mechanical Bore Erosion****

Cuando se realiza el disparo y los gases se expanden, la temperatura aumenta desde la temperatura ambiente hasta cerca de 3400 °C de forma casi instantánea, y durante un tiempo aproximado que va desde 1 a 5 milisegundos, y a esto hay que sumarle el calor generado por el rozamiento del proyectil con el ánima del cañón.



La zona que se ve afectada por la temperatura es la zona **HAZ** (*Heat affected zone*).

Los efectos de la erosión térmica son proporcionales a la diferencia entre el volumen del cartucho a utilizar, en comparación con el calibre (una vaina grande, con un proyectil pequeño tendrá mayor efecto en la erosión térmica).

Si bien la alta temperatura dura una fracción de milisegundo, el metal queda más susceptible a la erosión, y por el cambio en su estado generado por las altas temperaturas y debido al shock

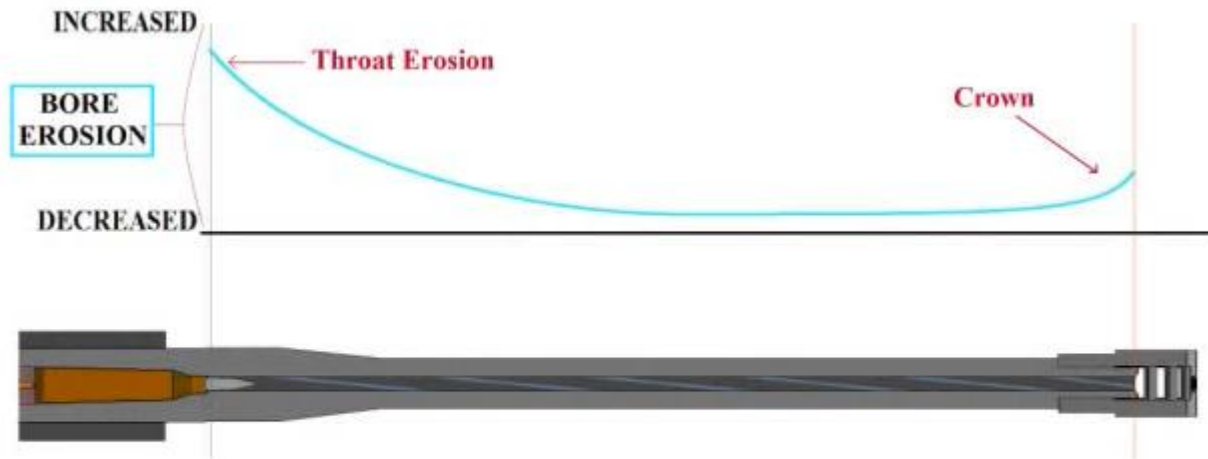
térmico (cambio brusco de temperatura) es que aparecen las micro grietas en la superficie.

La erosión mecánica se da por acción del rozamiento del proyectil con el ánima del cañón y tal vez sea la más relevante con respecto a la modalidad de tiro a distancias extremas, en comparación con fuego sostenido (en ametralladoras por ejemplo) donde la temperatura juega un papel mucho más relevante. En D.D.Ext. no se realizan tantos disparos en tan corto tiempo.

Luego que el cañón se desgasta lo suficiente (bastante), se puede tener el efecto denominado *jetting*. Esto es que parte de los gases pasan por los costados del proyectil, metiéndose entre el proyectil y las micro grietas, teniendo como consecuencia la aceleración del proceso de erosión y la disminución de la velocidad inicial.

La cantidad de erosión por disparo, se podría estimar entre 0.1 micrones y 200 micrones (1 micrón o micrómetro equivale a 0,001 mm), y va a depender extremadamente de cómo se trate el ánima del cañón: el régimen de limpieza, los químicos que se utilicen para limpiar, que tan potente es la carga de los cartuchos con los cuales se disparará, así como también la cadencia de disparo (a mayor cadencia mayor erosión por causa de la alta temperatura).

En la siguiente imagen se puede observar la tendencia de cada zona del ánima del cañón a la erosión.



La principal zona de erosión es la de la garganta de la recámara (que va desde la boca de la vaina colocada en la recámara, hasta donde comienzan las estrías), sumado a el primer tramo del ánima desde la recámara. La razón de esto es que es la zona más próxima al origen del calor y donde las presiones son más altas. La segunda zona con mayor erosión está en la corona, y es ocasionada por los gases que escapan a altas velocidades y sobrepasan el proyectil por los costados en el momento que este deja el cañón.

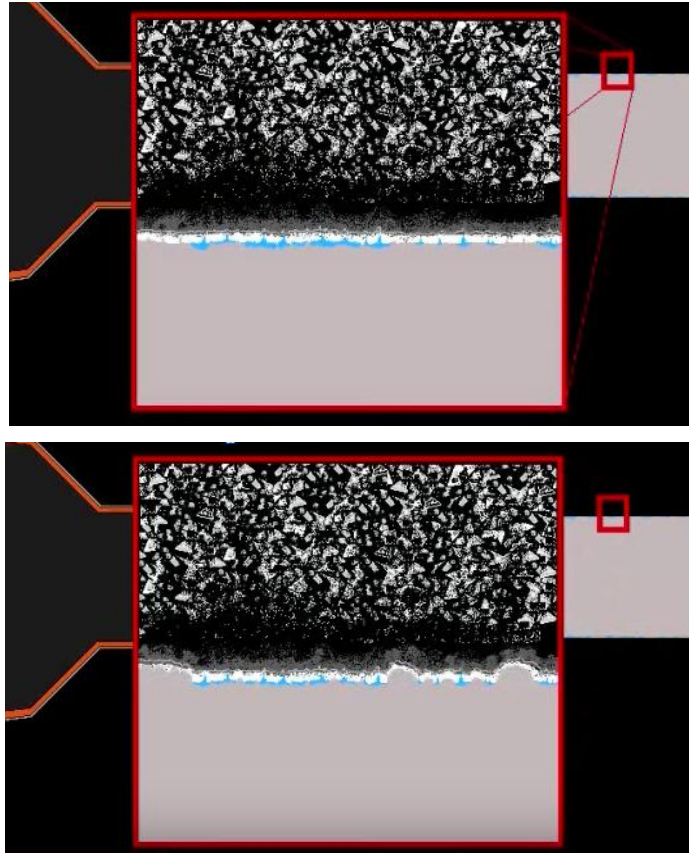
13.2.3.3. Recubrimiento con Moly y erosión diferencial

SNIPER 101 Part 39 - Moly Coating and Bore Erosion

El *disulfuro de molibdeno* (abreviado popularmente como *Moly*), es un compuesto inorgánico formado de molibdeno y azufre. En forma de polvo, tiene apariencia visual y táctil similar al grafito, y como éste, es utilizado entre otras cosas como lubricante. Es por ésta última razón que muchos tiradores lo utilizan para recubrir los proyectiles con el fin de lubricarlos.

Uno de los efectos positivos de utilizar Moly, es un aumento en la velocidad inicial gracias a la reducción de fricción, y muchos tiradores opinan que incluso aumenta la vida del cañón.

Por el contrario, el efecto negativo del Moly, es que genera erosión diferencial, al proteger partes del ánima contra la erosión, pero dejando descubiertas otras, por lo que la erosión no es consistente a lo largo del cañón.



Muchos fabricantes de cañones invalidan la garantía si descubren que se ha disparado balas recubiertas con Moly.

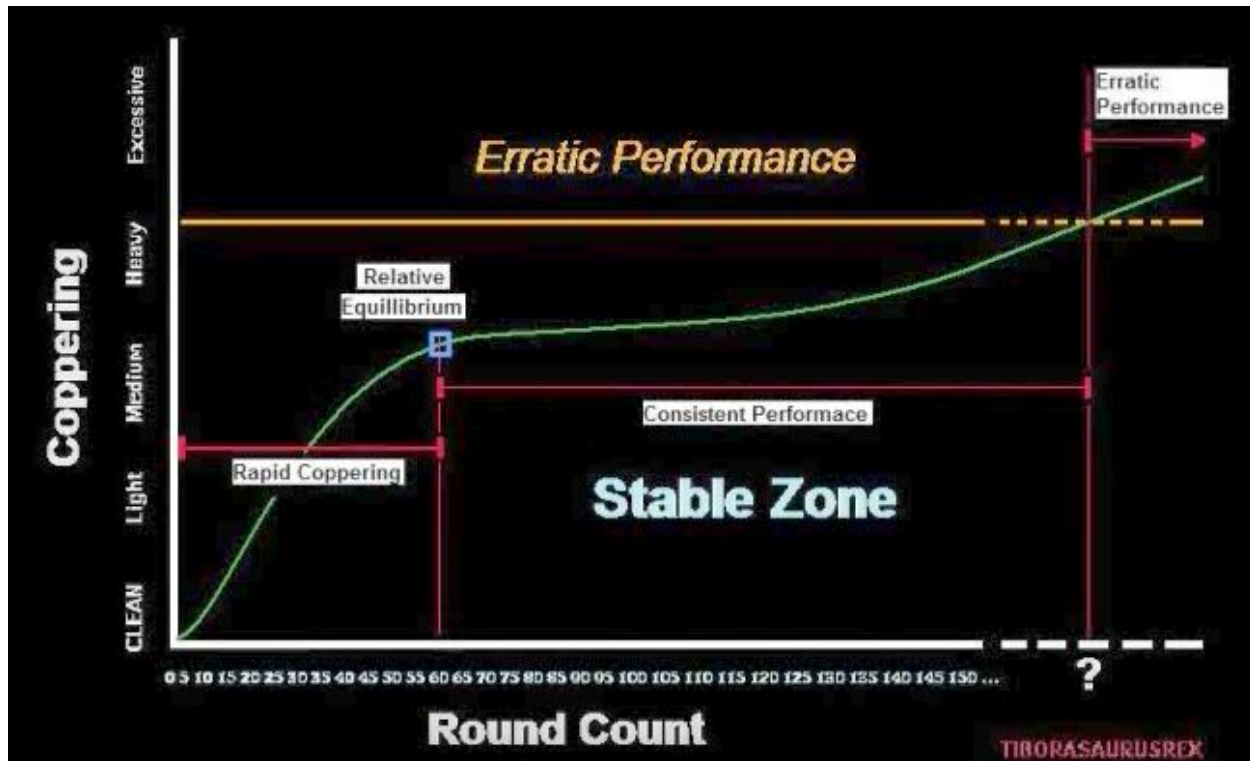
Si el tirador desea de todas maneras utilizar Moly, algo recomendado es cubrir el ánima del cañón con Moly en vez de solamente la bala, aunque si bien el efecto podría ser menor, seguirá generando erosión diferencial.

13.2.4. Residuos de cobre y pólvora en el cañón

SNIPER 101 Part 40 - Coppering and Powder Fouling

13.2.4.1. Residuos de cobre (*Coppering*)

Los residuos de cobre en el ánima del cañón se acumulan por acción del rozamiento de los proyectiles encamisados y el calor, por lo que la cantidad de residuo por disparo depende en gran medida del tipo de cartucho que el tirador utilice. La importancia de esto es que estos restos de cobre cambian la dinámica del rozamiento entre el proyectil y el ánima del cañón, por lo que se hace necesario entender la tendencia de acumulación de estos residuos.



Cuando se comienza a utilizar un cañón limpio, los primeros disparos aumentan los residuos de cobre considerablemente por cada disparo, hasta que llega un punto donde cada disparo además de agregar cobre, también remueve un poco del que ya estaba depositado. A partir de este “punto de equilibrio”, cada disparo deposita muy poco residuo de cobre (neto), por lo que la dinámica de rozamiento será más consistente entre disparo y disparo. Una consecuencia de una pequeña capa de cobre, es el aumento de la velocidad inicial.

Cuando se tiene exceso de depósito de cobre, y especialmente con cargas potentes, se obtienen velocidades iniciales erráticas (inconsistentes) por lo que es muy problemático no solo por el cambio en la caída, sino que también cambiará el punto de impacto por variaciones en el eje del cañón debido a las ondas armónicas, por lo que será necesario limpiar el cañón. En la sección de limpieza se hablará del régimen de limpieza para volver al “punto de equilibrio” sin tener que empezar de 0.

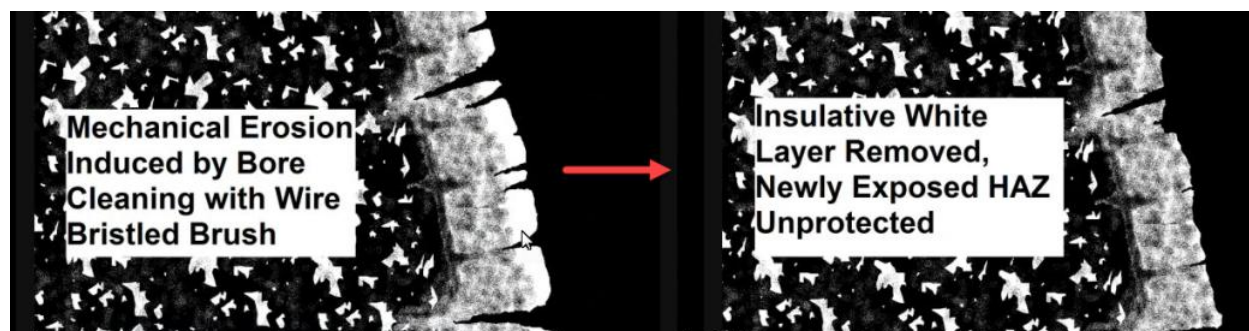
13.2.4.2. Residuos de pólvora

Al igual que el caso de los residuos de cobre, el residuo de pólvora también afectará la dinámica de rozamiento y por lo tanto en mayor o menor medida el punto de impacto. Si bien en muchos manuales de tiro dice que los residuos de pólvora tiene un efecto negativo en la erosión del cañón por tener un efecto “lija”, hay que tomar en cuenta que muchos de estos manuales se basan en conocimiento de las viejas pólvoras y fulminantes que si causaban problemas en el cañón.

13.2.4. Resumen sobre Erosión y cambios en el eje del cañón

No existe una única tabla balística para disparos a distancias extremas, dado que el ánima del cañón cambia con el tiempo, y con este también las soluciones de tiro. Por lo que es necesario un sistema que permite al tirador adaptar sus soluciones de tiro a los cambios del ánima del cañón.

Tomar en cuenta que cualquier cambio por pequeño que sea en la relación proyectil/cañón por la dinámica de fricción, causará un cambio en el punto de impacto. Muchos tiradores hablan de “disparos en frío” y como cambian el punto de impacto, pero muy probable que ese problema sea por diferencias generadas por tener el cañón limpio y no por ser un tiro “en frío”. Tomar en cuenta también, que un régimen de limpieza demasiado intenso o exagerado puede hacer más daño del que se quiere evitar.



13.2.5. Limpieza del fusil para D.D.Ext.

****SNIPER 101 Part 41 - Rifle Cleaning Objectives for ELR Precision Shooters - 4 MAIN POINTS****

Existen muchas disciplinas de tiro, y la limpieza del arma dependerá de los ciclos de disparos que se realicen en cada disciplina. El régimen de limpieza que se le realiza a una ametralladora, no es el mismo que se le realiza a un fusil de precisión con el propósito de realizar aciertos con un solo disparo a distancias extremas.

Si el tirador realiza disparos a distancia media, por ejemplo 300 o 400 metros, seguramente no sea necesario que utilice el régimen de limpieza que aquí se describe.

Hay cuatro puntos principales a tomar en cuenta en la limpieza del ánima del cañón para D.D.Ext:

1. Mantener el ánima del cañón lo más consistente posible
 - a. Esto evitará cambios en el punto de impacto.
2. Mantener el equilibrio de los residuos de cobre y pólvora
 - a. Ver sección 13.2.4

3. Minimizar la erosión del cañón
 - a. Cuando se limpia el cañón, se provoca erosión mecánica: solo utilizar baqueta cuando sea necesario. Lo mismo aplica para los solventes.
 - b. Ver sección 13.2.3.
4. Evitar dañar el cañón
 - a. El daño producido por limpiezas realizadas de forma incorrecta son una de las principales causas de fallas prematuras en el cañón.
 - b. Las zonas que hay que cuidar son:
 - i. La corona: esta es la zona más susceptible al daño y una de las más importantes. Se puede dañar se limpia desde la boca del cañón.
 - ii. La garganta: Se puede dañar cuando se limpia desde la recámara.
 - iii. Las estrías: Esta zona está relativamente segura de daño, por lo que si no se hace nada extremo, no debería dañarse.

13.2.5.1. Equipo de limpieza

SNIPER 101 Part 42 - Cleaning Equipment

Existen varios ítems para limpieza, y el régimen dependerá en gran parte que se utilizará. Es importante leer las instrucciones de cada ítem para su correcta utilización.

Los ítems son:

- Varillas (*Rods*).
 - Estas se utilizan para pasar el cepillo y los parches por el cañón.
 - No se debe utilizar varillas de acero por el riesgo a dañar el cañón, mejor utilizar varillas de latón.
 - Es recomendable que las varillas tengan envoltura plástica.
 - Hay que evitar utilizar varillas flexibles de varios segmentos (las que se atornillan juntas).
 - Utilizar varilla rígida que no toque el ánima del cañón.
 - La conexión entre la varilla y el cepillo (o porta parches), no debe sobresalir, ya que si por ejemplo se limpia el fusil desde la recámara, y al salir el cepillo por la boca del cañón, al tirar de la varilla el borde de la conexión podría engancharse en la corona y dañarla.
- *Boresnake*
 - Esta herramienta es básicamente una cuerda con un cepillo en la punta con un contrapeso en la otra. Se pasa el contrapeso por la recámara hasta que sale por la boca del cañón, quedando en el extremo de la recámara el cepillo. Luego se tira de la cuerda realizando la limpieza. La parte del cepillo tiene una zona blanda que saca los restos desprendidos por el cepillo.
 - Si bien es una herramienta compacta y fácil de usar, si no se tiene cuidado en tirar de la cuerda en el mismo eje del cañón, se podría generar erosión diferencial en la corona.

- Guía para baqueta (*Bore Guide*)
 - Es un tubo que se introduce en la recámara y mantiene la varilla centrada en el proceso de limpieza, evitando así la posibilidad de dañar el cañón. Tomar en cuenta que en la recámara y la zona del cañón próxima a esta, el metal es más frágil por las altas presiones y temperaturas que ocurren en esta zona, por lo que es deseable proteger esta zona con la guía para baqueta.
- Cepillos
 - Hay de varios materiales como cobre y nylon.
 - Para disminuir la abrasión, es mejor utilizar el de nylon, aunque las partículas que éste arrastra también tendrán efecto abrasivo.
- Solventes
 - Estos son utilizados comúnmente para diluir los restos de cobre y restos de pólvora del ánima del cañón.
 - El cobre es difícil de sacar, por eso la necesidad de un solvente.
 - Para la mantención del fusil para D.D.Ext, lo recomendable es un solvente suave, no abrasivo, ya que no hay necesidad de eliminar todo el cobre, sino únicamente la cantidad necesaria.
 - Evitar los solventes que son demasiado agresivos con el cobre.
 - Hay que eliminar muy bien el solvente del cañón antes de poder realizar disparos, dado que realizar disparos con líquidos en el cañón podría dañarlo.
- Púas (Jag)
 - Estas puntas se utilizan para enganchar los parches. Pueden ser en forma de punzón, o puede tener un orificio (similar al ojo de una aguja) para enhebrar el parche.
- Parches
 - Son trozos de tela comúnmente de algodón, que se pasan por el cañón para secar los solventes y a su vez sacar las partículas que se desprendieron del mismo.

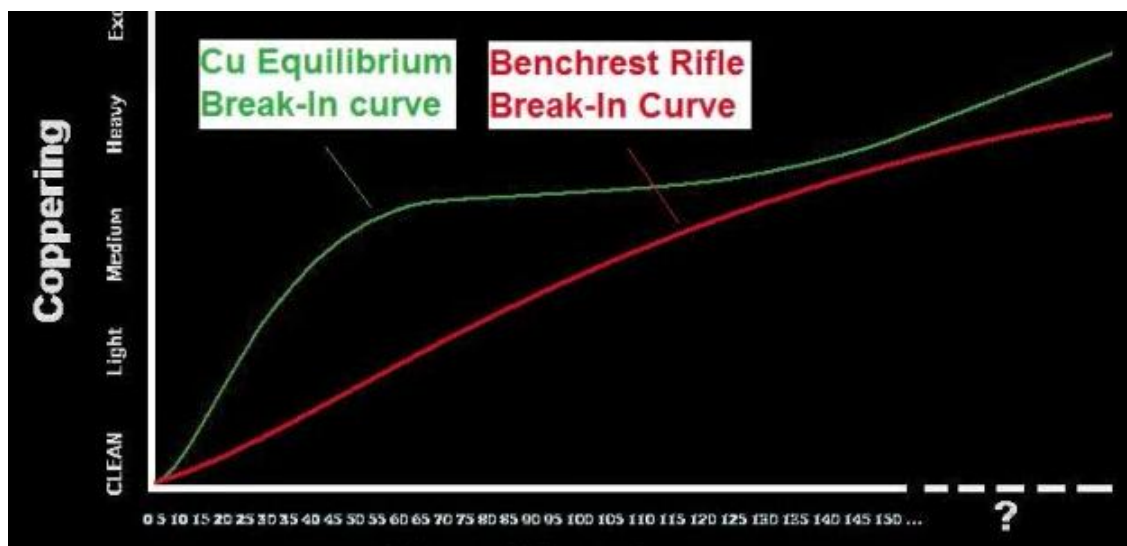
13.2.5.2. Comparación de procedimientos para el “ablande” del cañón

SNIPER 101 Part 43 - Barrel Break In Procedures Compared

El objetivo del ablande del cañón es eliminar las posibles micro-imperfecciones de cañones nuevos para disminuir los cambios en el punto de impacto debidos a diferencias en las condiciones del cañón a causa del desgaste. Hay que aclarar que esto no es un paso que sea necesario, pero puede ayudar a llegar a un estado del fusil donde los disparos sean más consistentes de forma más rápida.

A continuación se explican dos métodos de ablande:

- Procedimiento de ablande de *Benchrest*
- Procedimiento de ablande de equilibrio de cobre



Procedimiento de ablande de *Benchrest*:

Este procedimiento está más orientado para tiradores de benchrest, tiradores que utilizarán un régimen de limpieza agresivo o si se pretende operar en ambientes muy corrosivos. Tiene mayor notoriedad en cañones producidos en masa que puedan necesitar pulido.

Los pasos de este procedimiento son los siguientes:

1. Antes de disparar por primera vez, limpiar el cañón y la recámara a fondo.
2. Realizar un disparo
3. Limpiar con solvente para pólvora (10 pasadas)
4. Secar el ánima del cañón utilizando parches (usualmente 3)
5. Realizar una pasada con un parche con solvente de cobre (un par de gotas).
6. Esperar por 2 o 3 minutos.
7. Pasar un parche con WD-40 para sacar los restos
8. Realizar 2 o 3 pasadas con parches para secar el cañón
9. Pasar un parche con *JB Bore Cleaning Compound* (10 pasadas). No sacar el parche por la boca del cañón salvo la última pasada para remover el parche.
10. Pasar un parche con WD-40 hasta que todo el componente del paso anterior sea eliminado. Pueden ser necesarias 3 o 4 pasadas.
11. Pasar un parche para secar a fondo el cañón.

Repetir los pasos del 2 al 11 por cada disparo hasta alcanzar los 30 disparos.

Luego, de llegar a los 30 disparos, disparar 5 disparos, limpiar una vez (pasos del 2 al 11) por los próximos 30 disparos.

Hay que ser muy cuidadosos con este procedimiento, dado que se podría dañar el cañón!!

Procedimiento de ablande de equilibrio de cobre:

Este es el procedimiento recomendado para fusiles para D.D.Ext. Se basa en obtener el equilibrio de residuos de cobre para que la diferencia en el estado del cañón entre disparos sea mínima. Se puede ver más de esto en la sección *13.2.4.1 Residuos de cobre (Coppering)*.

- 1) Antes de disparar por primera vez, limpiar el cañón y la recámara a fondo.
- 2) Realizar un disparo
- 3) Limpiar con solvente de pólvora suave (10 pasadas)
- 4) Secar el cañón con parches (usualmente 3)

Repetir el procedimiento para los primeros 5 disparos.

Luego de los primeros 5 disparos, repetir el proceso cada 5 disparos hasta realizar 25 disparos.

13.2.5.3. Régimen de limpieza con mínima alteración

SNIPER 101 Part 44 - Cleaning Your Extreme Range Rifle

SNIPER 101 Part 45 - Copper Removal Issues in Long Range Precision Rifles

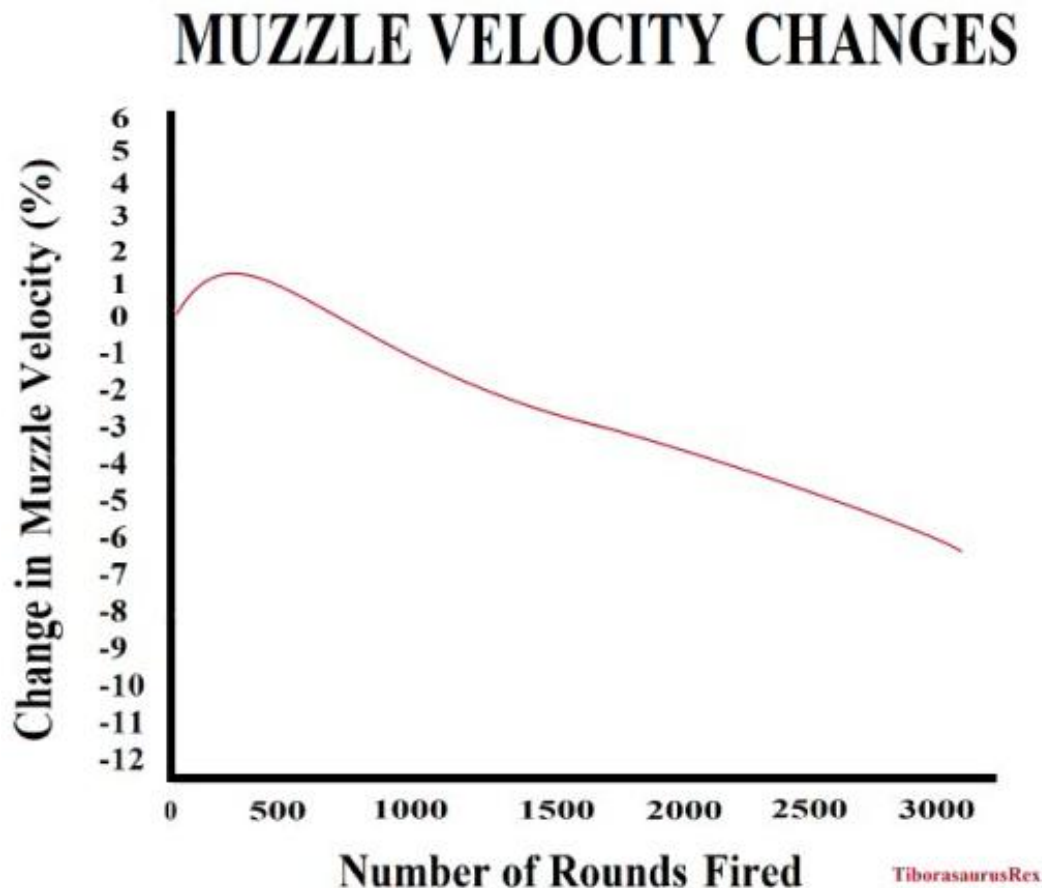
Si bien puede haber una diferencia en el punto de impacto entre disparar con el cañón frío y disparar con el cañón caliente por la posible deformación del cañón por temperatura --que ocurre en algunos casos--, la mayoría de los casos donde hay una diferencia en el punto de impacto "por disparar con el cañón frío" se debe realmente a disparar con el cañón limpio.

El objetivo del régimen de limpieza, es mantener el fusil en buen estado alterando en la menor medida posible el estado del cañón, de lo que se desprende la siguiente premisa: solo limpiar el fusil si es necesario. Tomar en cuenta que este régimen es solo para fusiles para disparos a distancias extremas, por lo que a un fusil de caza se lo debería de mantener de distinta forma.

Existen varias posibles razones por las cuales sería necesario limpiar el fusil, pero tres posibles podrían ser:

- Luego de usar el fusil en ambientes corrosivos o si el fusil tuvo mucho contacto con agua.
 - Si no se limpia el fusil, puede oxidarse.
- Cuando el fusil estuvo en contacto con arena, polvo o grava (sobre todo si hay viento).
 - Tener cuidado porque muchas veces el polvo es muy fino y no se ve, y puede ser muy abrasivo, y si se dispara por un cañón con polvo se podría acelerar la erosión mecánica.
- Cuando el fusil se vuelve excesivamente sucio de cobre o restos de pólvora.
 - Un indicativo de exceso de cobre podría ser aumento de velocidad inicial más allá del aumento por temperatura de la munición.
 - Otro indicativo podría ser aumento en los tamaños de los grupos de impactos (aumento en la dispersión).

Recordar que será necesario hacer un seguimiento de la velocidad inicial, dado que esta variará con la condición del cañón y la temperatura de la munición. Recordar también que a medida que el cañón se erosiona, la velocidad inicial irá disminuyendo, con la excepción de que en algunos casos en el inicio de la vida del cañón, con los primeros disparos la velocidad inicial podría aumentar levemente antes de comenzar a descender.



La cantidad de disparos entre limpiezas puede variar tremendamente, dado que la frecuencia de limpiezas va a depender mayoritariamente del uso que se le de al fusil y el ambiente en donde se utilice.

Pasos para la limpieza:

1. Insertar la guía para la baqueta en la acción del fusil.
2. Colocar un cepillo de cobre a la varilla recubierta de una pieza. También se podría usar un cepillo de Nylon.
3. Empapar el cepillo con solvente para pólvora.
4. Gentilmente y con cuidado, fregar el ánima del cañón con el cepillo, desde la recámara, realizando 10 pasadas. (NOTA: si el cepillo sale por la boca del cañón, tener cuidado al

- tirar de la varilla para que no se dañe la corona). Dejar actuar el solvente mientras se sigue con otros pasos. Tener cuidado que el solvente no entre en la caja del disparador.
5. Limpiar el cerrojo usando solvente para pólvora, especialmente la cara del cerrojo y los tetones (tener cuidado con los tetones, usar cepillo de nylon).
 6. Remojar cepillo de la varilla con solvente para pólvora y realizar 10 pasadas más en el cañón.
 7. Remover el cepillo y colocar la púa para parches en la varilla. Pasar varios parches empapados en solvente para pólvora hasta que salgan todos los restos de pólvora.
 8. Pasar varios parches limpios hasta que el ánima esté seca. Si el fusil se guardará en ambiente húmedo, se podría realizar una última pasada con un parche muy levemente aceitado con aceite para armas. Recordar limpiar el ánima del cañón antes de disparar si el ánima se deja aceitada.
 9. Limpiar la recámara usando un cepillo para recámara apropiado y solvente para pólvora.
 10. Secar la recámara usando hisopos.
 11. Remover el solvente del cerrojo.
 12. Lubricar los tetones del cerrojo usando grasa para armas.
 13. Lubricar el cuerpo del cerrojo y la porción del cerrojo donde se conecta la palanca.

Luego de la limpieza y antes de utilizar en el campo nuevamente, realizar de 1 a 5 disparos para restablecer el *equilibrio de carbón* (restos de pólvora) en el cañón.

Si fuera necesario sacar la culata del fusil para limpiar (porque se ha mojado por ejemplo), tener cuidado al volver a armar el fusil, asegurarse que no haya mugre entre la acción y la culata. Tal vez sea necesario comprobar la puesta a cero del fusil luego de armar.

Si se tiene *freno de boca (Muzzle Break)* o *apagallamas (Flash Suppressor)* tener cuidado al limpiar para no dañar la corona.

Cuando se tiene exceso de cobre en el cañón (lo que puede estar evidenciado por un aumento inusual de la velocidad inicial) se debe extender los anteriores 13 pasos con los que están más abajo, pero con la precaución de eliminar todo los restos del solvente de pólvora y el aceite del cañón primero. Estos pasos también deben realizarse solamente si es necesario.

Remediación de cobre:

1. Mojar un parche con solvente para cobre (evitar solventes abrasivos). Una posibilidad es *Sweet's 762*
2. Empujar el parche desde la recámara hasta 1 pulgada (~ 2,54cm) de la boca del cañón.
3. Llenar el tramo de la boca del cañón con solvente para cobre.
4. Lentamente tirar de la varilla hacia la recámara, detenerse cuando se llegue a la garganta de la recámara.

5. Esperar de 3 a 5 minutos para que el solvente actúe, luego terminar de sacar la varilla. Recuperar el solvente sobrante si se puede (se puede reutilizar).
6. Fregar el ánima del cañón con 10 pases usando un parche en una púa, o hasta que que cobre haya sido removido. La idea es que la eliminación del cobre sea por acción química y no mecánica.
7. Sacar el solvente del ánima usando parches mojados con WD40 seguidos de parches limpios hasta que salgan secos.

Luego de la remediación de cobre, es necesario restaurar el *equilibrio de cobre* en el cañón. Pueden ser necesario de 20 a 60 disparos y se puede saber que se alcanzó el equilibrio al ver los grupos de impactos reducirse y la velocidad inicial estabilizarse.

14. Munición

Hay dos tipos (considerando su origen) de munición que se pueden utilizar: munición *factory* (o de fábrica), y munición recargada. En esta sección se explicarán las características de una y otra, y además se darán consejos para recargar munición para D.D.Ext.

14.1. Munición *Factory*

SNIPER 101 Part 46 - Factory Ammunition Discussion

La munición *factory* generalmente no es demasiado inconsistente, por lo que agrupan bastante bien. Puede ser una opción para los tiradores que no tienen el equipo de recarga necesario. Una de las desventajas de utilizar munición *factory* es que la naturaleza de cada fusil es única (por más que sean el mismo modelo), por lo que la munición puede o no funcionar bien para cierto fusil, sin la posibilidad de ajuste. Sin embargo, recargando, se puede desarrollar una carga que funcione óptimamente en el fusil. Otra desventaja de este tipo de munición, es que no se consigue fácilmente para ciertos calibres.

Existen muchas marcas de munición, sin embargo una de los criterios para comprar, debería ser las características de la punta: que sea *boat tail*, peso adecuado y con buen coeficiente balístico (ver sección 16.3.6.10.). El segundo punto a tomar en cuenta es la calidad, dado que según esta serán las inconsistencias que tenga la munición.

14.2. Recarga de munición

Existen varias ventajas de recargar la munición. Entre ellas, la variedad de insumos (puntas, pólvora, fulminantes, etc) que permiten ajustar la munición a las necesidades del tirador. Otra ventaja es la posibilidad de desarrollar una carga que se ajuste a las características del fusil para reducir los efectos negativos de las vibraciones del fusil.

Recordar el concepto principal para D.D.Ext. que también aplica cuando se recarga: consistencia.

En las siguientes subsecciones se nombra el equipo necesario para realizar recarga de cartuchos, como también algunos comentarios y consejos sobre cada etapa de recarga de un cartucho orientado a D.D.Ext.

Esta sección de recarga no pretende sustituir un manual de recarga, por lo que es **imprescindible** que el tirador consiga y **lea un manual de recarga** antes de empezar a recargar.

14.2.1. Equipo de recarga

SNIPER 101 Part 47 - Reloading Equipment

Para poder recargar correctamente, es necesario tener una un área de trabajo que sea segura, donde no haya ni niños ni animales en los alrededores. El banco de trabajo debería ser suficientemente sólido y rígido como para soportar la fuerza que se le aplicará a la prensa de recarga.

A continuación se dará una lista con los elementos necesario para realizar la recarga de munición:

1. Manual de Recarga (Imprescindible!!!)

- a. Además de enseñar los pasos necesarios para recargar, en los manuales hay información de las medidas nominales de los distintos cartuchos existentes, como también tablas de recarga para los mismos, donde para distintos pesos de punta, especifica la cantidad de pólvora mínima y máxima segura por cada tipo de pólvora como así la velocidad inicial esperada en dicha carga, junto con el coeficiente balístico de las distintas puntas.
2. Vainas vacías del cartucho a recargar del tipo Boxer (no Berdan).
 - a. 50 o 100 podrían ser suficientes.
3. Juego de Matrices (*dies*) de recarga (comúnmente llamados *Dados*, en Uruguay).
 - a. Estas matrices permiten realizar las operaciones necesarias sobre el cartucho para realizar la recarga
 - b. Se necesita un juego de matrices para cada calibre a recargar
 - c. Cada juego tiene dado rectificador (vuelve la vaina a su tamaño original, además de extraer el fulminante disparado), y un dado para colocar la punta y realizar el *crimp* que sujeta la punta en su lugar.
 - d. Los dados rectificadores pueden ser solo de cuello o de vaina completa.
 - e. Es recomendable tener ambos tipos de dado rectificador, dado que cumplen funciones distintas y hay veces que es mejor utilizar uno, y hay otras veces que es mejor utilizar otro.
4. *Shell holder* para el cartucho
 - a. Si se usa la herramienta de mano para fulminantes RBC, es recomendable tener dos *shell holders*.
 - b. Por lo general los juegos de matrices vienen con un *shell holder* para la prensa
 - c. Hay *shell holders* que pueden servir para una herramienta pero no para otra.
5. Prensa de recarga
 - a. Monoestación para mejor control sobre la recarga.
 - b. No es necesario tener las más caras.
6. Herramienta para limpiar el bolsillo del fulminante (*primer pocket cleaner*)
 - a. El bolsillo del fulminante es la cavidad de la vaina donde va incrustado el fulminante.
 - b. Esta herramienta se usa para sacar los restos de carbón del bolsillo del fulminante (es similar a un destornillador de paleta)

7. Herramienta para unificar los bolsillos del fulminante (*primer pocket reamer*)
 - a. En algunos casos hay vainas que los bolsillos del fulminante no son uniformes entre sí. Con esta herramienta se puede unificar los bolsillos para lograr consistencia.
8. Herramienta para desbarbar el oído del fulminante (*flash hole deburring tool*).
 - a. El oído del fulminante es la abertura que conecta el fulminante con el interior de la vaina.
 - b. Hay ocasiones donde el oídos del fulminante no son perfectamente circulares o tiene alguna rebaba. Esta herramienta se utiliza para unificar el oído del fulminante.
9. Calibre fijo (o Galga) para largo de vaina y recortador manual (*Case Gauge & Hand Trimmer Tool*)
 - a. A medida que las vainas se utilizan y se rectifican, se vuelven más largas.
 - b. Hay que medir el largo de la vaina para saber cuándo y cuánto hay que recortarlas.
 - c. Esta herramienta no solo mide el largo, sino que la recorta cuando es necesario.
 - d. Ver un manual de recarga para obtener cual es el largo nominal de la vaina para el cartucho que se esté utilizando.
10. Herramienta para desbarbar las vainas (*case deburring tool*)
 - a. Luego de recortar las vainas quedan rebabas y esquinas filosas en el borde de la boca de la vaina.
 - b. Esta herramienta sirve para eliminar las rebabas y los filos tanto por dentro como por fuera de la vaina.
11. Herramienta para colocar fulminante (*hand auto-primer*)
 - a. Se puede utilizar una herramienta manual (recomendado) o un adaptador en la prensa.
12. Medidor para pólvora: tolva, *powder trickler*, balanza y embudo antiestática.
 - a. La tolva permite obtener el mismo volumen (aproximadamente) de pólvora en cada accionamiento de la palanca. Tomar en cuenta sin embargo, que las cargas de pólvora se miden en masa (*grains*) y no en volumen.
 - b. El *Powder Trickler* permite dosificar la pólvora de a poco, lo que permite ir agregando pólvora hasta llegar a al peso necesario.
 - c. Se puede utilizar una balanza analógica o digital, mientras pueda medir hasta una décima de grain (0.1 grain).
 - d. El embudo antiestática se utiliza para poner la carga de pólvora en la vaina.
13. *Tumbler*
 - a. Este dispositivo tiene un motor y un compartimiento donde se coloca un medio abrasivo (cáscara de nuez molida por ejemplo) junto con las vainas sucias. El motor hace vibrar el compartimiento lo que provoca que el medio limpie y pula las vainas.
 - b. Cuando las vainas estén limpias y se saquen del tumbler, hay que asegurarse que ninguna partícula del medio utilizado quede atorada en la vaina (especialmente en el bolsillo u oído del fulminante).

14. Herramienta para unificar el grosor de las paredes del cuello de la vaina (*Hand case Neck Turner*)
 - a. Esta herramienta sirve para que el grosor de los cuellos de las vainas sea uniforme.
15. Lubricante para vainas
 - a. Esto ayudará a rectificar las vainas y evitar que se atasquen en el dado rectificador.
 - b. El lubricante va tanto por fuera como por dentro de la vaina.
 - c. Existen varios tipos como en spray o pomo.
 - d. Otra opción es lubricar con grafito en polvo (para la rectificación del cuello).
16. Projectiles (puntas)
 - a. Es recomendable comprar lotes grandes, para evitar diferencias entre las puntas, sobre todo luego de haber desarrollado una carga óptima (si cambia la punta, se tendrá que volver a desarrollar una nueva carga).
17. Propelente (pólvora)
 - a. El tipo de pólvora va a variar con respecto al calibre que se vaya a recargar.
18. Fulminantes
 - a. Fulminantes adecuados a al cartucho a recargar.
19. Lentes de protección.
 - a. Es indispensable utilizar lentes de protección en todas las etapas de recarga.
20. Calibre (*caliper*)
 - a. Esta herramienta será útil para medir largos de vaina y cartucho armado.

En las siguientes subsecciones se hará referencia a algunas de las herramientas y equipos anteriores, indicando el número entre paréntesis rectos. Ejemplo: [1] para hacer referencia al manual de recarga.

14.2.2. Recalibrado de vainas

****SNIPER 101 Part 48 - Case Resizing Tips****

En esta sección se tratará el tema del recalibrado de las vainas disparadas para volverlas a las dimensiones nominales. En esta etapa se utilizará la matriz recalibradora [3] que también extraerá el fulminante. Tener cuidado de no usar esta matriz con una vaina berdan ya que se dañaría la aguja extractora de fulminantes (*decapping pin*). Las vainas berdan tienen dos oídos de fulminantes en vez de uno como las boxer.

Lo primero antes de empezar a recalibrar es ajustar la matriz (siguiendo las instrucciones que vienen con la misma) en la prensa de recarga [3 y 5]. El ajuste va a depender si la matriz es solo para calibrar el cuello o la vaina completa. También se coloca el *shell holder* [4] en la prensa.

El siguiente paso en el recalibrado, es lubricar las vainas para que no queden atoradas en la matriz. El lubricante [15] tiene que quedar bien distribuido en la vaina y apenas una capa. Si llega a quedar una gota en algún lado, puede deformar la vaina (esto es porque los líquidos no pueden ser comprimidos).

Luego que se tenga regulada la matriz en la prensa y las vainas lubricadas, es momento de la recalibración de vainas propiamente dicha. Para recalibrar la vaina se coloca la misma en el *shell holder* que está en la prensa y se acciona la palanca. Esto causará que el ariete donde está colocado el *shell holder* suba hasta la matriz, recalibrando la vaina y sacando el fulminante. Si en el proceso de recalibrado una vaina da más trabajo que otra o la fuerza necesaria es muy diferente a las otras, es mejor dejar esa vaina de lado para utilizarla en otras aplicaciones, pero no D.D.Ext.



Una recomendación es tener todas las vainas de un lote de la misma marca o mejor aún del mismo lote de vainas. Esto asegurará una mayor consistencia entre vaina y vaina.

Cada tipo de recalibrado tiene su ventaja o desventaja. Si los cartuchos disparados van a ser disparados por el mismo fusil que se disparó anteriormente, el recalibrado de cuello es una buena opción para mantener consistencia, ya que en general la vaina tendrá las dimensiones de la recámara del fusil donde fue disparada. Si se va a disparar en otro fusil o se busca maximizar la confiabilidad del cartucho (para alimentación y extracción), lo recomendado es realizar un recalibrado completo.

14.2.3. Bolsillo de fulminante y recortado de vaina

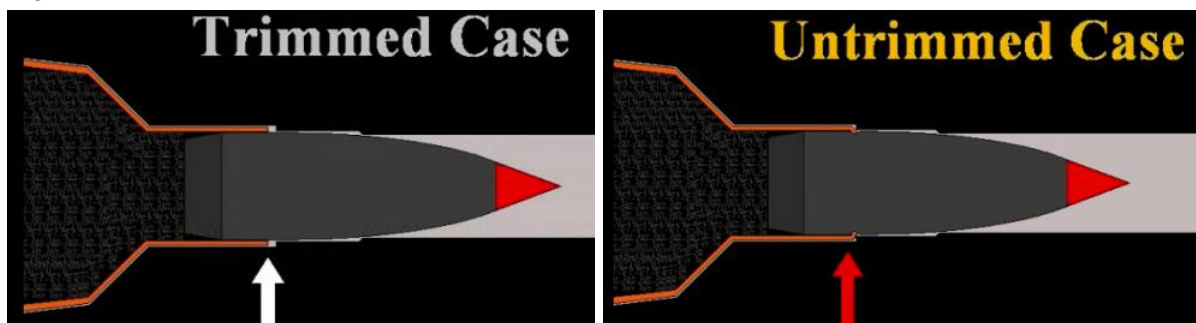
****SNIPER 101 Part 49 - Primer Pockets & Case Trimming****

Luego que la vaina fue recalibrada y el fulminante fue extraído, es necesario realizar una limpieza en el bolsillo del fulminante para sacar los restos de carbón. Para esto se utiliza la herramienta de limpieza para bolsillo de fulminante [6], la cual tiene un aspecto similar a un destornillador de paleta. Este paso es muy importante para que los fulminantes asienten bien y consistentemente en la vaina. De no ser así, esto afectaría extremadamente la dinámica de quemado de la pólvora. La consistencia es la clave, no es deseable limpiar una vaina por 5 minutos y luego darle solo una vuelta a la herramienta en otra vaina.



Este paso también se puede aprovechar para revisar si el bolsillo del fulminante necesita ser rectificado (unificarlo con el resto de las vainas) con la herramienta adecuada [7], así como también revisar el oído del fulminante para ver que no necesite ser desbarbado [8]. También prestar atención a la posición del oído del fulminante ya que en algunas vainas de mala calidad podría no estar bien centrado, en cuyo caso debe separarse esa vaina para otras aplicaciones.

Con los sucesivos ciclos de disparo y recalibrado, las vainas empiezan poco a poco a alargarse. Si la vaina queda demasiado larga, puede pasar que luego de recargado el cartucho, al entrar en la recámara los bordes de la boca de la vaina sean apretados por el cono de forzamiento, lo que aumentaría bastante las presiones de trabajo, en algunos casos a niveles peligrosos.



Para evitar esto, el siguiente paso en la preparación de las vainas, es asegurarse que el largo de cada vaina no supere el máximo admisible. Este dato se puede obtener buscando por el “largo máximo de vaina” o en inglés “*max case length*”. No confundir con el largo total del cartucho armado (C.O.L: *cartridge overall length*, muchas veces escrito OAL: *Over-All Length*). Otro dato a obtener del manual es el largo que tiene que quedar la vaina luego de recortar la misma (*case trim length*). Usando un calibre [20] se mide el largo de la vaina y si esta supera el largo máximo admisible, debe ser recortada.



Para recortar la vaina, se puede utilizar la galga con el recortador manual [9]. La galga tiene que ser específica para el cartucho a recargar, la cual viene con un shell holder que se enrosca a otra pieza,

lo que permite sujetar firmemente la vaina. La galga es básicamente una varilla con el largo adecuado, donde en una punta tiene un perno que tiene como objetivo entrar en el oído del fulminante, mientras que en el otro extremo se atornilla al recortador manual. Se introduce la galga por la boca de la vaina hasta que el perno pase por el oído del fulminante. Si la vaina es más larga que el largo nominal, el recortador podrá recortarla al girarlo, pero solo hasta que la vaina haga tope en la galga. Además de el accionamiento manual, la pieza que tiene el *shell holder* podría ser acoplada un taladro eléctrico (con las precauciones del caso).



Más allá que haya vainas que no sobrepasan el largo máximo, es recomendable que todas las vainas tengan el mismo largo, para que cuando llegue el momento del crimp, sea consistente entre todos los cartuchos. Si no se aplica crimp, esto no es tan importante mientras no sobrepasen el largo máximo.



Luego de recortar las vainas, estas tendrán bordes filosos y rebabas en la boca de la vaina, por lo que es importante eliminarlas, tanto por fuera como por dentro. Para esto se utilizará la herramienta para eliminar rebabas [10]. Esta herramienta tiene dos lados, uno para sacar las rebabas internas y otro lado

para las rebabas externas. Al igual que otros pasos, es importante hacerlo consistentemente. Este paso también podría realizarse utilizando el taladro, realizando el desbarbado luego del recorte, aprovechando que la vaina estará sujeta al taladro.



Una recomendación es utilizar el tumbler [13] luego de procesar las vainas, así además se saca la mugre y pulirlas, sacará las virutas de latón que quedan dentro y también el lubricante utilizado en la recalibración. El tiempo necesario en el tumbler puede variar entre 40 y 60 minutos, dependiendo de qué tan sucias estén las vainas, como también del estado del medio (el medio se degrada y pierde la capacidad de pulido).

14.2.4. Colocación de los fulminantes en las vainas

SNIPER 101 Part 50 - Priming Your Cases

Cuando se retiren las vainas del tumbler [13] y antes de la colocación de los fulminantes, es necesario asegurarse que no quede ningún resto del medio dentro de las vainas, especialmente en el bolsillo y oído del fulminante. Un truco es apoyar la vaina en el tumbler encendido, con la boca de la vaina hacia adentro, de esta manera la vibración del tumbler ayudará a limpiarlas. De todas maneras asegurarse de realizar una segunda inspección.

Luego que las vainas estén limpias y revisadas, es momento de comenzar con la colocación de los fulminantes en las vainas. Para esto se puede utilizar una herramienta manual de colocación de fulminantes [11].



Para utilizar la herramienta de mano, se colocan los fulminantes en la bandeja asegurándose que queden orientados con la parte cóncava hacia arriba. Si alguno que da dado vuelta, con unos pequeños golpes con el dedo en el borde le la bandeja se podrán dar vuelta. Luego que estén bien orientados se le coloca la tapa. La herramienta tiene un hueco donde se puede colocar un *shell holder* para mantener en el lugar la vaina a la que se le colocará el fulminante. La herramienta se utiliza levemente inclinada para que los fulminantes se muevan y caigan por acción de la gravedad en un compartimiento debajo del *shell holder*, donde un pequeño pistón accionado con la palanca de mano empuja e introduce el fulminante en la vaina. Cualquier diferencia en la fuerza necesaria para la colocación del fulminante puede causar una enorme diferencia en la curva de presión al momento del disparo. Una de las ventajas de utilizar una herramienta manual es justamente que se siente la diferencia en la fuerza necesaria para la colocación del fulminante, mientras

que en un adaptador para la prensa pasa desapercibido dado que la prensa realiza mayor fuerza para colocar el fulminante por la acción de la palanca.

Importante!! Siempre apuntar la vaina lejos de la cara cuando se esté colocando el fulminante por si este detona. No olvidar utilizar protección visual en todo momento.

14.2.5. Medición de pólvora y uso de la balanza

SNIPER 101 Part 51 - Powder Measure and Scale Tutorial

Muchos recargadores piensan que las balanzas analógicas son menos precisas que las digitales pero a decir verdad las analógicas son tanto o más precisas en general (y si se utilizan bien), aunque un poco más complicadas de utilizar y potencialmente más lentas. No olvidar poner a cero la balanza, ya sea analógica o digital. Las balanzas vienen con un pequeño plato, por lo que tiene que estar a cero tomando en cuenta el plato vacío.



En el caso de las digitales la puesta a cero se realiza presionando un botón mientras el plato está puesto y vacío en la misma. Cuando se mida la cantidad de pólvora, la medida aparecerá en el display (no olvidar seleccionar la unidad correcta!).

En el caso de las analógicas, con el plato colocado se tienen que acomodar los distintos contrapesos en distintas escalas para que marquen 0s y se ajusta la balanza con su mecanismo de ajuste (puede ser un contrapeso pequeño o un dial) para que quede equilibrada. Para realizar la medida luego de la puesta a cero, se colocan todos los contrapesos marcando la medida que se quiere obtener, lo que desequilibra la balanza, para luego colocar la pólvora hasta que la balanza quede equilibrada nuevamente. No hay necesidad de tocar los contrapesos luego de que estos estén ajustados, salvo que movamos la balanza de lugar. De todas maneras es aconsejable ajustar la balanza en cada sesión de recarga.

El siguiente elemento a preparar es la tolva. Esta tiene un contenedor superior donde almacena la pólvora y en su mecanismo otro cilindro con rosca donde cae la pólvora con cada accionar de la palanca. Al mover la rosca de este pequeño cilindro se ajusta el volumen interior de este y por lo tanto la cantidad



de pólvora que se puede dispensar. Hay que ajustar la tolva para que dispense una cantidad de pólvora ligeramente inferior a la necesaria.

Para poder obtener la cantidad necesaria de pólvora para un cartucho, se acciona la tolva para que deposite la pólvora en el plato de la balanza. Luego se utiliza el *powder trickler* [12] para agregar de a poca pólvora hasta completar la carga necesaria. Cuando la carga esté confirmada utilizando la balanza, se coloca en la vaina utilizando el embudo antiestática.



Algunas cosas a tomar en cuenta en el proceso de cargar las vainas de pólvora:

- Bajo ningún concepto es deseable mezclar pólvoras. Es muy peligroso dado que cambia las propiedades de la misma. Asegurarse que la tolva esté vacía antes de llenarla con la pólvora a utilizar.
- Mantener siempre la pólvora en su contenedor original y fuera del alcance de los rayos del sol para evitar degradación prematura.
- Tener cuidado con las dobles cargas (cargar una vaina que no estaba vacía). Esto también se comprueba antes de asentar la punta.

14.2.6. Asentado de puntas y crimpado

SNIPER 101 Part 52 - Bullet Seating and Crimping

Este es el último paso de la recarga, donde ya se tiene la vaina recalibrada preparada con fulminante y la carga de pólvora adecuada, solo falta asentar la punta. Para esto se ajusta la matriz de asentado y crimpado en la prensa (ver instrucciones que vienen con la matriz) de tal forma que no aplique el crimp. El *crimp* o crimpado es un pequeño doblez que se aplica a la boca de la vaina de tal forma que oprima la punta en su lugar. Esto es necesario cuando se recarga para fusiles semi-automáticos o de gran potencia, donde el retroceso podría aflojar las puntas de los cartuchos del cargador. Para D.D.Ext. es mejor no utilizar crimp mientras se pueda evitarlo.

Dado que el crimp se ajusta con una vaina de referencia, es muy importante que las vainas se hayan recortado y sean menores al largo máximo, sino podría pasar que algunas vainas se les aplique un crimp y otras no.

El siguiente paso es ajustar la profundidad en que la punta será asentada. Para esto, se ajusta la matriz para asentar lo menos posible la punta, se coloca una vaina con la carga correcta de pólvora, se le coloca una punta y se acciona la palanca. Lo que pasará es que la punta entrará en la vaina pero a medio camino. Luego de esto, haciendo uso del calibre [20] se medirá el largo total del cartucho, teniendo en cuenta cual es el largo deseado, respetando los mínimos y máximos según el manual de recarga [1]. El largo deseado puede variar dependiendo del fusil, siendo lo ideal que cuando el cartucho esté en la recámara del fusil, la punta esté lo más cerca

posible de las estrías del cañón pero sin tocarlas. Una limitante del largo máximo es el cargador, ya que si el cartucho queda demasiado largo puede no entrar en el mismo. Si al medir el cartucho, el largo es mayor al deseado (es decir, falta asentar más la punta), se ajustará la matriz para asentar un poco más la punta, y se volverá a operar sobre el cartucho, repitiendo el ciclo de medida, ajuste y operación cuantas veces sea necesario hasta llegar a la medida correcta. No realizar los pasos de los ajustes demasiado grande, la punta se puede empujar para disminuir el largo del cartucho, pero no se puede tirar de ella para alargarlo. La única forma de desarmar el cartucho sería con un martillo de inercia (*bullet puller*) y la punta seguramente se deforme en el proceso.. Cuando se alcance el largo deseado, la matriz quedó ajustada.

Para asentar las puntas, asegurarse que la vaina tenga la carga de pólvora correcta, que la vaina esté bien colocada en el shell holder, y que la punta cuando entre en la matriz esté lo más derecha posible mientras se acciona la palanca lentamente y con cuidado.

Nota final sobre los pasos de recarga:

Las técnicas presentadas aquí no son la única manera de recargar, y el tirador puede utilizar la técnica y forma que más le convenga, pero siempre respetando los máximos y mínimos que el manual de recarga contenga. La clave para realizar cargas parejas es la consistencia.

14.3. Desarrollo de carga para D.D.Ext.

SNIPER 101 Part 53 - Load Development for Extreme Range Shooting

La idea del desarrollo de la carga para cierto cartucho, es ajustar las características de cartucho (peso y forma de punta, dimensiones de vainas, tipo de pólvora y fulminante) para provocar que el momento en que el proyectil deja el cañón, sea el momento de menor vibración de la boca del mismo, es decir: sincronizar la salida del proyectil con el momento adecuado de las vibraciones armónicas para minimizar el efecto que estas puedan tener en el proyectil.

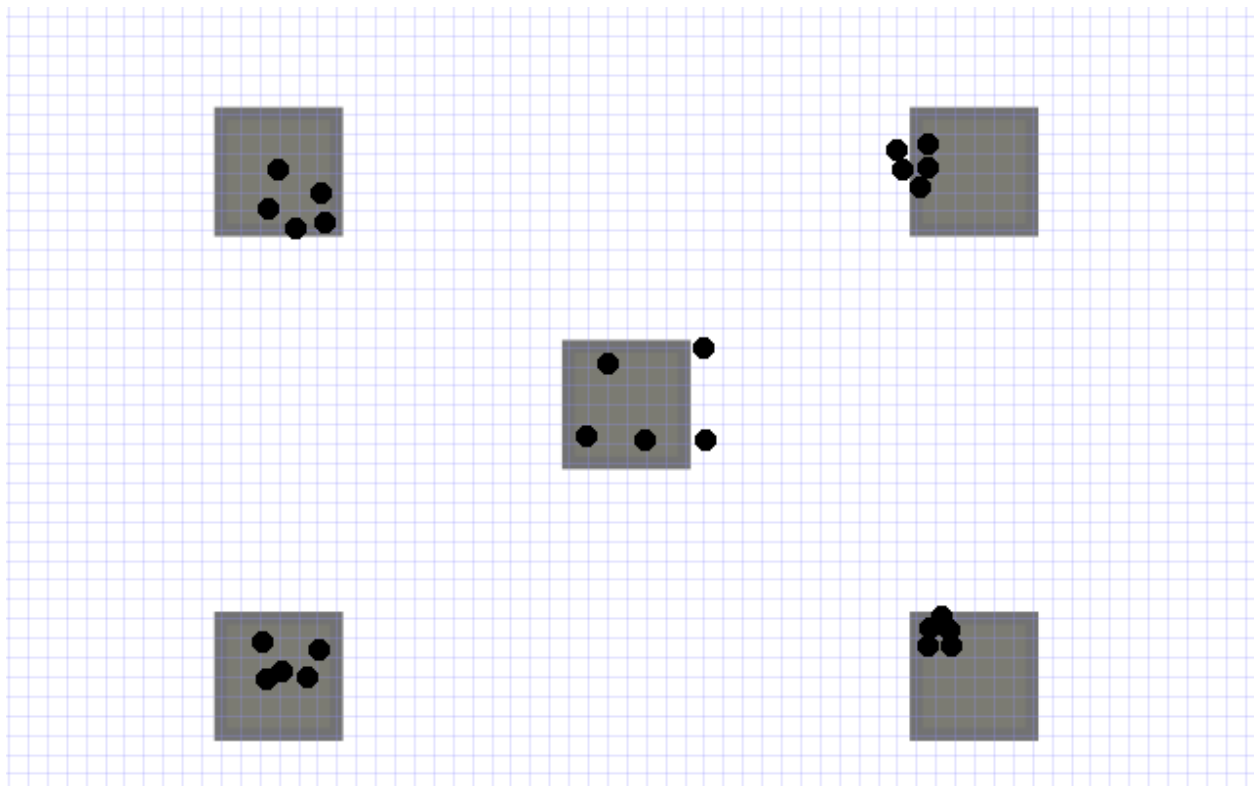
Para poder desarrollar una carga óptima, primero hay que asegurar cierta consistencia de las puntas y de las vainas. Para esto se pueden pesar y medir para ver que sean consistentes. Si se utilizan marcas reconocidas de puntas (Sierra y Hornady por ejemplo), y puntas diseñadas para disparos de precisión a larga distancia, es probable que no sea necesario hacer un control de calidad. La compra de las puntas es mejor hacerlas por lote, así luego de desarrollada la carga, se podrá utilizar por bastante tiempo sin volver a realizar el proceso de obtención de la carga óptima. Con las vainas pasa algo similar, donde puede haber muchas variaciones, en especial con las dimensiones, por lo que es recomendable no mezclar marcas distintas porque pueden tener distintas especificaciones (grosos de pared, pesos, dimensiones, etc).

Cuando se hagan las pruebas para encontrar la carga óptima, el indicador es el tamaño de los grupos (no donde impacte, si agrupa luego se ajusta la mira) junto con la variación de las

velocidades iniciales (utilizando un cronógrafo), siempre realizando los grupos con la misma carga. Lo que se busca es un grupo pequeño con variaciones de velocidades pequeña. Sin embargo, puede pasar que una carga con velocidades dispares pueda hacer mejor grupo que una carga con poca variación de velocidad. Esto se podría deber a un error introducido por el tirador. En este caso, si la diferencia de los grupos es pequeña, es conveniente quedarse con la carga de velocidad con poca variación de velocidad, dado que esto provocará menos dispersión a distancias extremas. Dependiendo el caso se podrían repetir los disparos de prueba si hubiera dudas.

Una de las formas para obtener la carga de pólvora que minimice la dispersión del disparo es el “método de la escalera”: se realizan varias pruebas empezando con las cargas mínimas de pólvora y aumentando, haciendo varios disparos con cada escalón (por lo menos 5) mientras se miden los tamaños de los grupos y se mide la velocidad inicial. Al final se comparan los resultados y se elige la mejor carga (si la hubiera).

Antes de comenzar con el desarrollo de la carga hay que asegurarse que la condición del cañón (en cuanto a cantidad de cobre y residuos) es estable, además los disparos de prueba DEBEN realizarse de la misma forma que se harán en el campo de tiro. Es recomendable utilizar bolsas de arena para apoyar el fusil.



15. Correcto despliegue del fusil

15.1. Bípodes y monópodes

SNIPER 101 Part 54 - Bipods and Monopods

Los bípodes pueden ser muy útiles si se los usa correctamente. A diferencia con una bolsa de arena que absorbe las vibraciones al disparar, el bípode transmite estas vibraciones a la superficie donde esté apoyado, que en el caso que sea un material rígido y duro (concreto, mesa de tiro, una roca, etc), provoca que las vibraciones vuelvan al fusil, potencialmente agregando dispersión a los disparos. Además de esto, el mismo punto de impacto puede variar si se puso a cero el fusil en una mesa rígida, pero luego se lo dispara apoyado en la tierra.



La recomendación es utilizar una bolsa de arena si se puede, pero si se tiene que utilizar un bípode, hay que apoyarlo en una superficie blanda (tierra o pasto por ejemplo) que pueda absorber las vibraciones, y además asegurarse que esté correctamente apoyado en ambas patas. También es recomendable que el bípode pueda pivotar.



Para los monópodes en la culata, aplican los mismos conceptos que para los bípodes, pero aumentados, por lo que la recomendación también es utilizar bolsa de arena para la culata. La idea es apoyar la culata en la bolsa de arena, colocando la mano izquierda por debajo de la culata para acomodar tanto la culata como la bolsa.

Si en algún momento se tiene que disparar apoyado sobre concreto, se puede apoyar el fusil sobre una bolsa de arena luego de plegar el bípode.

En posición de tendido, con la culata tocando el hombro y el fusil posicionado con las indicaciones anteriores, al observar por la mira telescópica no debería de verse movimiento alguno.

No utilizar bípodes que vayan enganchados directamente en el cañón, ya que afectaría la naturaleza de las vibraciones y generaría inconsistencias.

15.2. Efecto “pull-off” de los frenos de boca

SNIPER 101 Part 55 - Muzzle Brake Pull-Off Effect (repaired version)

Los frenos de bocas son un dispositivo que se instala en la boca del cañón para redirigir los gases hacia atrás y de esta forma, empujar el fusil hacia adelante durante el disparo, reduciendo de esta manera el retroceso del fusil. Son especialmente utilizados en fusiles de gran calibre.

La mayoría de tiradores no están familiarizados con el efecto “pull-off” porque asumen que el proyectil deja el cañón antes que intervenga el freno de boca. Si bien es verdad que la mayoría de los efectos del freno de boca ocurren cuando el proyectil deja el cañón, hay otros que ocurren antes. En el momento que el proyectil empieza a moverse hacia adelante, este empuja el aire frío que hay en frente del mismo. El aire sale a gran velocidad (sale en un par de milisegundos) y pasa por el freno de boca, ocasionando que este empuje el fusil hacia adelante. Si bien este efecto es mínimo comparado con el efecto de los gases calientes que pasan luego por el freno de boca, es suficiente para causar una relajación muscular, que provoca que el efecto del retroceso del fusil genere un cambio en el eje del cañón antes que el proyectil salga del mismo, si no se tienen los cuidados necesarios --especialmente en fusiles de gran calibre--.



El volumen de aire dentro del cañón se puede calcular como $(\pi \times \text{Radio}^2) \times (\text{Largo del cañón})$. Algunos ejemplos de algunos calibres:

- .243 - 19,66 mL (1,16 metro³/minuto)
- .308 - 31,63 mL (1,87 metro³/minuto)
- .338 - 38,18 mL (2,27 metro³/minuto)
- .510 - 100,45 mL (6,00 metro³/minuto)

NOTA: tomar en cuenta que “volumen” no es una buena medida para los gases dado que se pueden comprimir, pero se utilizó así para el propósito de la comparación.

Cuando el tirador no está bien posicionado detrás del fusil, este efecto se observa en el punto de impacto realizados por tiradores diestros, como disparos hacia izquierda. La forma correcta de posicionarse es exactamente detrás del fusil, formando una línea con el mismo.

15.3. Frenos de boca para D.D.Ext.

SNIPER 101 Part 56 - Muzzle Brakes for Long Range Rifles

Los frenos de boca son dispositivos sencillos, con no tanta variedad para elegir, y que en principio no darán mayor problema para D.D.Ext salvo lo tratado en la sección anterior. No es recomendable utilizar frenos de boca que tengan los orificios hacia abajo (como algunos que tienen orificios en todas las direcciones), dado que en el campo no necesariamente habrá tiempo de poner alguna lona para evitar que la suciedad del piso (pequeñas piedras, tierra, etc) sean impulsadas hacia el tirador.

Generalmente hablando, muchos tiradores utilizan frenos de boca en condiciones donde no serían necesarios. La recomendación es utilizar frenos de boca solamente cuando sean absolutamente necesarios, es decir cuando el retroceso provoca que el fusil sea muy incómodo de disparar, como en un .338 Lapua Magnum, o un .50BMG.

No olvidar que los frenos de boca aumentan la intensidad de sonido de los disparos además de aumentar la onda expansiva, por lo que hay que tomar especial cuidado en utilizar protección auditiva.

Considerar utilizar reductores de retroceso de mercurio (*Mercury Recoil Suppressor*), este dispositivo es un tubo sellado con mercurio en su interior. Este tubo es insertado en la culata del fusil y lo que hace es dilatar el periodo de tiempo en que la energía del retroceso es transmitida al fusil, por lo que provoca que un fusil que tenga un retroceso muy abrupto sea más cómodo de disparar.

15.4. Montaje de la mira telescópica

SNIPER 101 Part 57 - Scope Mount and Rings Installation & Discussion



Para la instalación de la mira es recomendable tener bien apoyado y sujeto el fusil para poder trabajar en él sin tener que sostenerlo.

El primer paso para el montaje de la mira telescópica es colocar la base. Para esto hay que sacar los tornillos que tienen como objetivo proteger las roscas de la

parte de arriba del fusil. Hay que asegurarse de limpiar el aceite de las roscas si lo hay. Luego usando un fijador (o bloqueador) de rocas (ej: "Loctite") se coloca la base la cual es recomendado que sea de una sola pieza.

El siguiente paso es instalar las anillas (*rings*) que sujetarán el tubo de la mira telescópica. Es recomendable que la base y las anillas sean del mismo material. Tanto bases como anillas suelen venir en aluminio o acero, por lo que ambos deberían ser del mismo material para evitar que se aflojen por tener diferentes coeficientes de dilatación



térmica. Para colocar las anillas, primero se colocan sin tornillos sobre la base, y sobre las anillas la mira, teniendo mucho cuidado de que no se caiga, ni rayarla con los posibles bordes agudos de las anillas. Una de las cosas que se deben verificar es que haya suficiente espacio para manipular el cerrojo, por lo que para esto además de la posición de la mira, hay que tener especial cuidado con la altura de las anillas y base. Las anillas deben quedar lo más separadas posible la una de la otra. Luego hay que verificar si hay margen suficiente para ajustar la posición longitudinal de la mira. Si todo es correcto, se puede sacar la mira y atornillar con cuidado las anillas a la base, utilizando fijador de roscas.

Luego de fijar las anillas a la base, se vuelve a colocar la mira con el mismo cuidado que antes, y se verifica que la mira no está demasiado atrás o demasiado adelante, y que la distancia al ocular empuñando el fusil es correcta. Tener cuidado que las anillas no estén muy cerca de las partes móviles de la mira (anillos de ajuste de foco o poder de aumento).



También este es el momento de nivelar la mira, de tal forma que el plano formado por el eje del cañón y el eje del tubo de la mira, sea paralelo a la vertical del retículo (se especifica paralelo ya que no necesariamente el centro del retículo esté alineado con el eje del tubo de la mira). Si esto no se cumple, al compensar por caída a distancias muy grandes, también se introducirán

ajustes de deriva y viceversa. Si bien algunos tiradores utilizan un par de niveles de burbuja con imanes que se usan para este fin (uno nivela la mira, y el otro el fusil), Rex opina que si donde se apoye el nivel no está perfectamente en ángulo recto, se podría introducir un error, por lo que recomienda que si se utilizan este tipo de instrumentos, se realicen chequeos dobles.

Si se cuelga una plomada (una pesa con un hilo) en algún lado, y tanto el eje del cañón como el eje de la mira están apuntando al hilo, la vertical del retículo tiene que quedar paralela con el hilo.

Después de ajustada la distancia longitudinal de la mira, y el nivel de la misma, se colocan la parte superior de las anillas y se atornillan suavemente con la mano y utilizando fijador de roscas. Luego, se aprietan de a poco los tornillos intercalando el tornillo a apretar de forma cruzada (diagonal). Verificar el nivel de la mira a medida que se aprietan los tornillos para validar que no se haya rotado. Otra cosa a tomar en cuenta es el espacio entre la parte superior e inferior de las anillas, que refleja que tan apretado están los tornillos; ambos lados deben tener la misma medida.



Si bien Rex no utiliza en ningún momento del video una llave o destornillador con tope, es recomendable utilizarlo para no exceder el torque que la rosca de los tornillos pueden soportar.

De no utilizar un destornillador con tope, introducir en los tornillos la parte larga de las llaves Allen y hacer la palanca con la corta, de esta manera la fuerza realizada al tornillo será menor.

16. Balística (parte2)

En esta sección se continúa el tema del estudio de la balística en sus distintas ramas.

16.1. Tablas balísticas y variación de velocidad inicial

SNIPER 101 Part 58 - Ballistics Tables - Muzzle Velocity Variation (1/2)

SNIPER 101 Part 59 - Ballistics Tables - Muzzle Velocity Variation (2/2)

Como ya se vio en capítulos anteriores, la velocidad inicial no es una constante. La velocidad inicial varía con respecto a varios factores y tiene consecuencias significativas si no se toman las medidas necesarias.

Algunos de los factores que afectan la velocidad inicial son:

- Temperatura de la munición (uno de los factores más significativos)
 - Puede variar cerca de 200 pies por segundo (unos 60 metros por segundo) entre temperaturas de -18°C y 38°C.
 - A mayor temperatura, mayor velocidad de quemado de la pólvora, por lo tanto mayor presión y velocidad inicial.
- Desgaste del cañón
 - Puede llegar a bajar hasta cerca del 90% de la velocidad que tuviera cuando el cañón estaba nuevo.
- Suciedad
 - Esto genera una resistencia extra al movimiento del proyectil, lo que aumenta la presión generada. Si bien hay veces que esto frena el proyectil, hay veces que el aumento de presión hace que aumente la velocidad inicial.
- Temperatura del cañón
- Lubricidad del cobre (camisa del proyectil) por temperatura

Los software balístico realizan los cálculos muy bien, pero los datos de entrada deben ser precisos. Tomar en cuenta que no realizan correcciones en cuanto a variación de velocidad inicial (por lo menos la gran mayoría no lo hacen), por lo que la velocidad inicial al ingresar dependerá de la temperatura actual, es decir, no sirve tener una única velocidad por carga, sino que se tiene que tener por cada carga, la velocidad a distintas temperaturas.

Para realizar las tablas balísticas y la bitácora de velocidad inicial (temperatura munición, temperatura ambiente, presión, velocidad, condición del cañón, etc), se tiene que haber seleccionado la carga óptima que se realizará; si se cambia la carga, las tablas cambiarán también.

Existirán varios conjuntos de tablas balísticas: las filas en las tablas serán para distintas distancias (si se quiere una tabla compacta, cada 100 m, si se quiere una tabla de tamaño

completo cada 10 m). Cada columna tendrá una velocidad inicial diferente (temperatura diferente). Cada celda es la corrección necesaria (en MRADs o MOAs) para corregir por caída para la distancia particular para esa velocidad inicial (temperatura). Cada tabla será para una densidad de aire determinada.

Otra herramienta necesaria será la curva de variación de velocidad. En la siguiente sub-sección se mostrará una tabla basada en el cartucho .50BMG que ayudará a calcular la variación por temperatura de la munición, dado que la diferencia con otros cartuchos en cuanto a variación de temperatura se refiere es relativamente chica. Si bien cada munición tendrá su curva de variación, la tendencia es muy similar.

Para poder crear las curva de velocidad inicial, será necesario tener una bitácora y anotar todos los datos de cada disparo para cada carga. Se debe utilizar un termómetro infrarrojo para medir la temperatura de la munición. No dejar mucho tiempo la munición en la recámara ya que podría aumentar la temperatura del cartucho antes del disparo, por lo que lo ideal es cerrar el cerrojo segundos antes del disparo.

La curva de variación de velocidad inicial es lo primero que se utilizará al momento de realizar un disparo para poder determinar qué velocidad inicial se tendrá con la temperatura actual, para luego poder utilizar la columna adecuada en la tabla balística.

Para realizar la curva de variación de velocidad se utilizan los siguientes datos:

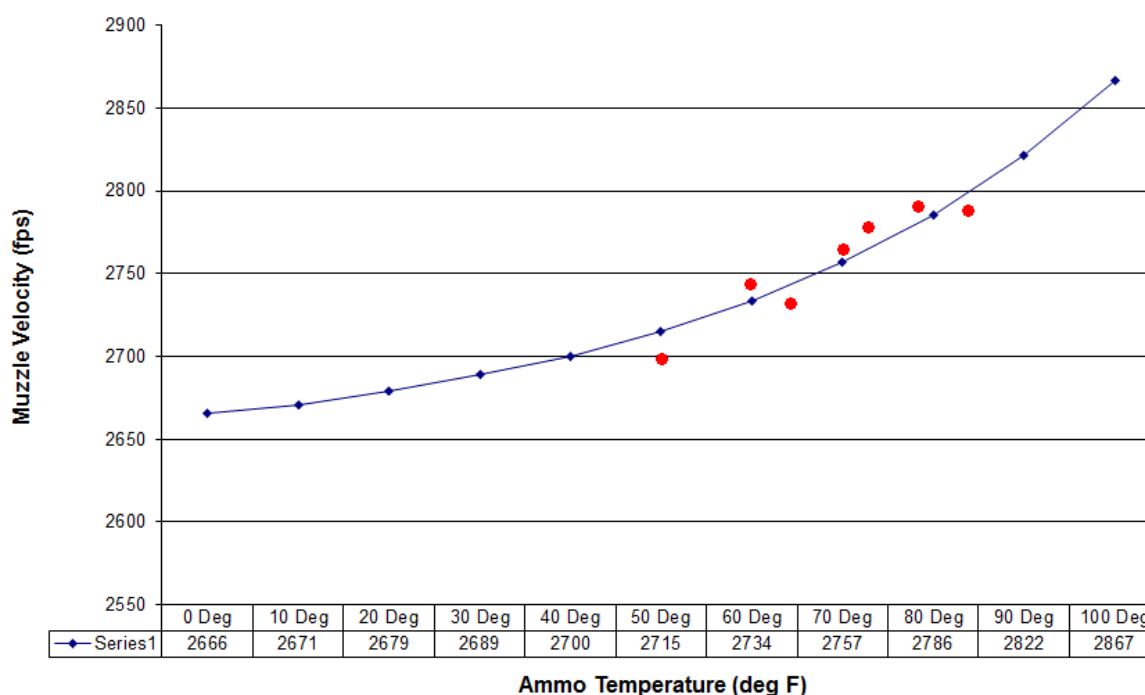
Ammunition Temperature MV Calculator				
Enter MV for Assumed Standard Ammunition Temperature of 70 Deg F				
Ammo Temp. (deg F)	Velocity nearest to 2840 fps	Velocity nearest to 2910 fps	Velocity nearest to 2950	Velocity nearest to 3950 fps
0 Deg	-91	-94	-95	-127
10 Deg	-86	-88	-89	-119
20 Deg	-78	-80	-81	-109
30 Deg	-68	-70	-71	-95
40 Deg	-57	-58	-59	-77
50 Deg	-42	-43	-43	-58
60 Deg	-23	-24	-24	-32
70 Deg				
80 Deg	29	29	30	40
90 Deg	65	66	67	90
100 Deg	110	113	114	153

La idea es que se utilice la columna cuya velocidad esté lo más cercana posibles con las mediciones que se harán de la munición. El dato de referencia es a 70° F (21° C), pero si no se tiene un dato para esta temperatura, se podría realizar los cálculos necesarios para obtener

dicha velocidad. Ejemplo, si la velocidad medida es 2700 fps pero a 40° F, viendo la tabla se podrá saber que a 70° F la velocidad será 57 fps más.

Con los datos ya calculados de la tabla anterior, se crea la curva de variación de velocidad inicial, la cual es recomendable que sea impresa ya que al ir realizando mediciones reales, se puede agregar datos a la gráfica.

Ammo Temperature MV Curve



En el ejemplo de la imagen anterior, se ve cómo se agregaron datos de algunos disparos a distintas temperaturas. Estos cambio podría ser producto de alguna inconsistencia o suciedad del cañón, como también de pequeños errores introducidos en el cálculo de la curva original teórica. Además de agregar los datos en la bitácora, siempre es bueno también realizar notas en la curva de variación de velocidad inicial como se ve en el ejemplo. Recordar que la idea aquí es primero obtener una aproximación a la curva real con la curva teórica y luego con las notas y sucesivas pruebas, realizar ajustes. Una recomendación para las notas podría ser utilizar distintos colores de marcador para las distintas condiciones del cañón, para que se pueda observar fácilmente si hay una tendencia.

En subsiguientes secciones de este capítulo se explicará el uso de las distintas tablas balísticas y cómo construirlas.

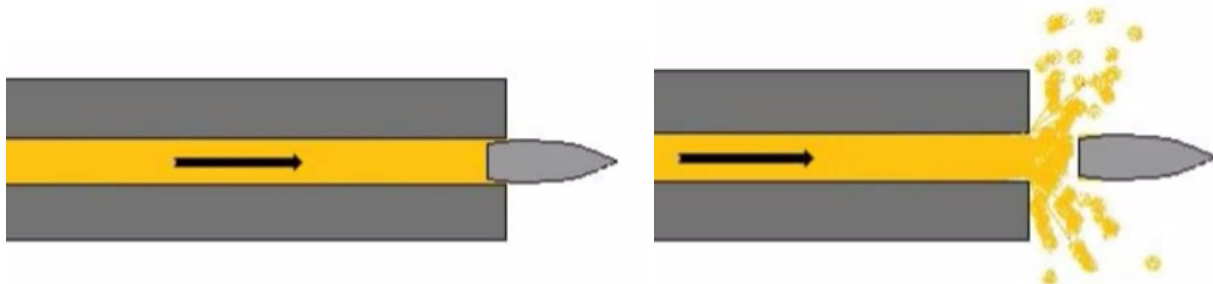
16.2. Balística Intermedia

SNIPER 101 Part 60 - Suppressors, Brakes, and Transitional Ballistics

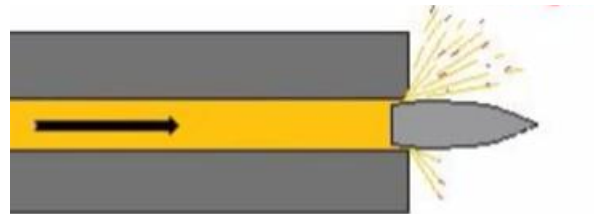
16.2.1. Definición y explicación

La balística intermedia (o de transición) es el estudio del movimiento del proyectil durante su transición desde el interior del cañón hasta su vuelo libre por la atmósfera.

En el momento que el proyectil sale del cañón, los gases a altas presiones se expanden, lo que potencialmente pueden afectar el proyectil.



Uno de los problemas que se podrían dar son los gases que se adelantan al proyectil, momentos antes que el proyectil deje el cañón. Si estos gases escapan de forma asimétrica, podría desviar el proyectil. Además de imperfecciones en la corona, otro factor que podría generar este problema es utilizar un proyectil que esté deformado.



Para evitar este problema es que es necesario que la corona sea lo más simétrica posible y sin defectos, y es por este motivo que es muy importante protegerla cuando se realiza la limpieza del cañón.

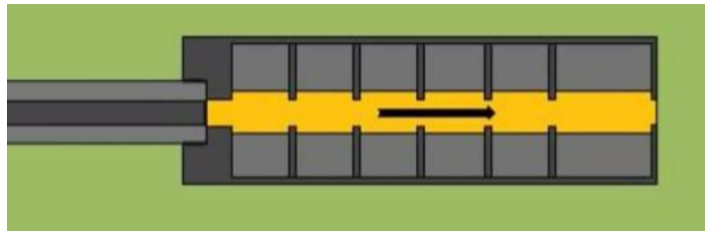
Algunos cañones tienen la corona con un rebaje cónico que cumple dos funciones distintas: la primera es proteger la corona por posibles daños y la segunda es reducir los efectos negativos de los gases saliendo de forma asimétrica del cañón.



16.2.2. Fogonazo, onda de choque y accesorios para boca del cañón

Cuando se dispara el fusil los gases salen a gran velocidad del cañón lo que provoca una onda de choque y luz que puede deslumbrar al tirador si el mismo se encuentra en un entorno con poca luz (además en entornos hostiles, puede delatar su posición). Para reducir estos efectos es que existen accesorios que se colocan en la boca del cañón, de los cuales el tirador tiene que estar consciente de cómo podría afectar la precisión del fusil.

El accesorio que se utiliza para disminuir la onda de choque generada por el disparo se llama supresor de sonido, y también sirve para disminuir en parte el fogonazo. Este accesorio es un tubo que se acopla (comúnmente con rosca) a la boca del cañón, el cual tiene ciertos compartimentos internos que cumplen la función de expandir y enfriar los gases antes de que estos salgan al exterior, de esta forma la velocidad de los mismos será reducida y por lo tanto también el sonido que generan. Cabe destacar que de todas maneras el disparo se escuchará (en mayor o menor medida dependiendo del calibre), al igual que el chasquido balístico debido a la velocidad supersónica del proyectil.



Sobre los efectos que puede tener el supresor de sonido (además de los obvios), se puede decir que dependen de la calidad del supresor, y que tan bien esté alineado con el eje del cañón. Los efectos podrían ser los siguientes:

- Precisión: La mayoría de los supresores modernos de compañías reconocidas, no tienen un efecto negativo en la precisión, e incluso en los casos de los de mayor calidad, puede aumentar la precisión potencial por mitigar los efectos de los gases al expandirse sobre el proyectil al dejar este la corona.
- Cambio en vibraciones: Otro efecto que podría tener el supresor es un cambio en la consistencia de las vibraciones del fusil, si el supresor no está firmemente acoplado al cañón. Si el supresor está acoplado firmemente, podría incluso mejorar la precisión potencial por la masa del supresor (antinodo en la boca del cañón).
- Velocidad inicial: Hay casos donde podría haber un pequeño incremento de la velocidad inicial, hay otros donde pueda haber un pequeño decremento, y otros donde no la afecta.
- Punto de impacto: esto es importante ya que podría cambiar por lo que se tendrá que realizar pruebas y volver a poner a punto el fusil. Es recomendable por esto, dejar el supresor en su lugar una vez instalado, o ponerle una marca para colocarlo exactamente de la misma forma cada vez.

- Retroceso: por la masa extra del supresor, el retroceso se ve reducido.

Otro accesorio utilizado para reducir los fogonazos son los apagallama (*flash suppressor* o *flash hider*) y es común verlos en fusiles semi-automáticos. Este dispositivo disipa los gases de tal manera que el fogonazo generado es reducido. El principal objetivo de los apagallamas es reducir el fogonazo para



que el tirador no se vea afectado por el fogonazo si está disparando en condiciones de poca luz, a diferencia de la creencia popular de que son excesivamente para que el enemigo no vea desde donde se dispara (hablando de aplicación bélica). Como beneficio extra, el apagallama protege la corona de daños por golpes.

Como ya se vio en el capítulo 15.2, los frenos de boca efectivamente podrían afectar el punto de impacto, además de los efectos negativos de concentrar la onda de choque dirigidas hacia atrás.

16.3. Balística exterior avanzada

16.3.1. Introducción

SNIPER 101 Part 61 - Intro to Advanced External Ballistics & Tables

En esta sección de *Balística exterior avanzada*, se amplían los conceptos que afectan la trayectoria del proyectil que se trataron en la sección 13.1 de *Balística exterior básica*. Además de estos factores se tratan los siguientes temas entre otros:

- Cómo utilizar y crear tablas balísticas
- Usar programa balístico
- Utilizar interpolación de datos (obtener datos de una tabla, cuando los datos que se necesitan no están explícitamente presentes)
- Estabilidad del proyectil
- Efecto coriolis
- Deriva por giro del proyectil (*spin drift*)
- Calcular solución de tiro
- Distancia máxima efectiva y zona transónica
- Coeficiente balístico y función de arrastre

Se muestran 3 formas de calcular las soluciones de tiro:

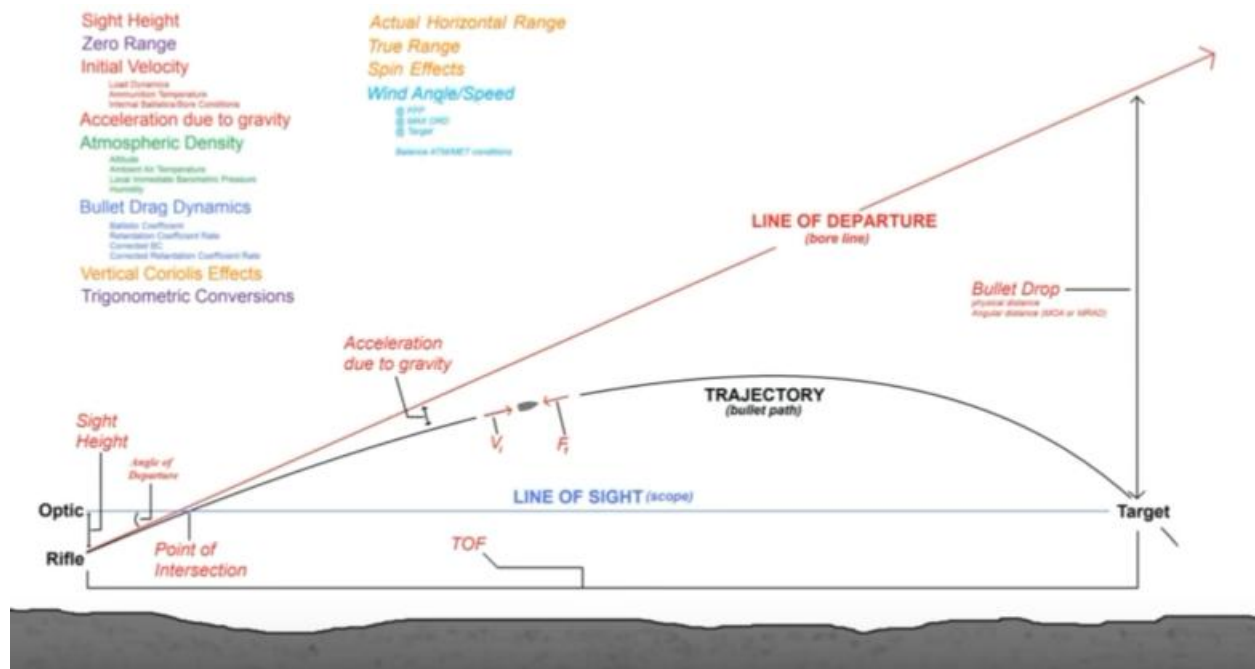
1. Tablas balísticas pre-calculadas
 - a. Es de uso más rápido que los *calcforn*.
 - b. La mayoría de los cálculos matemáticos ya están hechos e incluidos en las tablas.

- c. Las tablas tienen integrada la corrección por cambio de velocidad inicial por temperatura, como también la densidad del aire por temperatura, por lo que la munición debe estar a temperatura ambiente (evitar que se caliente por acción del sol u otras fuentes).
2. Formulario de cálculo (*calcform*)
 - a. Se necesitan realizar mucho más cálculos para obtener la solución de tiro.
 - b. Puede ser más preciso que las tablas balísticas pre-calculadas.
 - c. Al necesitar más tiempo, no es lo ideal para situaciones de stress.
3. Utilizar efectivamente un Dispositivo Balístico de software (programa balístico)
 - a. Son tan precisos como la precisión que tengan los datos que se ingresen.
 - b. No compensan por cambios de temperatura (la mayoría no lo hace), por lo que se debe conocer la velocidad inicial para la temperatura actual.
 - c. Es necesario tener repuestos de pilas o baterías para hacerlo funcionar.

Antes de iniciar con la construcción de las tablas, es necesario que el fusil esté puesto a cero y la carga a utilizar desarrollada.

16.3.2. Puesta a cero del fusil utilizando 3 disparos

****SNIPER 101 Part 62 - Zero Your Rifle in 3 SHOTS****



La puesta a cero del fusil (o mejor dicho, del conjunto fusil + mira óptica), es la calibración de la mira para que la línea de mira y la trayectoria del fusil converjan a una distancia determinada (distancia del cero). Cabe destacar que la trayectoria del proyectil pasa dos veces por la línea

de miras, la primera vez subiendo (primer cero, o cero cercano), y la segunda bajando (segundo cero o cero lejano).

La recomendación es que la puesta a cero del fusil se haga a una distancia de 100 m. Es decir, luego de realizar la puesta a cero, al realizar un disparo a 100 m, el impacto debería estar en el centro del retículo sin hacer ningún ajuste a la mira. Tomar en cuenta la forma de despliegue del fusil, por lo que la postura que se tome en la puesta a cero, debe ser la postura que se utilizará comúnmente con el fusil. Para la puesta a cero del fusil, es necesario utilizar un blanco de papel, dado que es fundamental verificar el punto exacto de los impactos para poder calibrar la mira.

Existen varios métodos que los tiradores suelen utilizar para la puesta a cero del fusil, algunos sin realizar disparo alguno, aunque estos no eliminan la necesidad de confirmar la puesta a cero realizando disparos. Por ejemplo, existen artilugios que son introducidos en el cañón, como los colimadores láser que son utilizados para poder ver la proyección del eje del cañón en el blanco y de esta manera poder regular el retículo de la mira para que coincida con este punto. Una forma de hacer esto sin artilugio alguno, es retirando el cerrojo y viendo a través de la recámara, centrando el blanco y luego sin mover el fusil, calibrar la mira para que el retículo esté centrado en el blanco. Estas técnicas son llamadas “*bore sighting*”, lo que en español podría ser “avistamiento”.

Se haya realizado o no una puesta a cero preliminar por “avistamiento”, para poder realizar una puesta a cero precisa es necesario verificar los impactos con disparos y hacer los ajustes necesarios. Con solo 3 disparos, se puede poner a cero el fusil.

Importante: para los siguientes pasos se supone que la agrupación del fusil con la munición a utilizar es buena y que el tirador no introduce errores en los disparos. No descartar utilizar más disparos para comprobar la puesta a cero.

Primer disparo

Lo mejor es empezar con una distancia inferior a la del cero buscado, de alrededor de $\frac{1}{4}$ de la distancia, por ejemplo 25m. La diferencia en el punto de impacto entre 25m y 100m no debería ser muy grande, y este sería el primer disparo de los 3 necesarios. Si se siguieron las recomendaciones del capítulo de miras ópticas, la torreta y el retículo, deberían tener la misma unidad angular, ya sea MOA o MRADs, por lo que luego del primer disparo, se puede utilizar el retículo para medir (con mucha atención) la desviación desde el centro del blanco y ajustar el retículo utilizando la torreta sin tener que realizar conversión angular entre las unidades. Si se utiliza una mira óptica con el retículo en el segundo plano focal y la mira tiene aumentos, recordar ajustar el aumento a la posición en que se pueden tomar las medidas angulares correctas (por más información ver sección 11.3.3.)

Ejemplo: si la medida angular entre el punto de impacto y el centro del blanco fueron 1.5 MRADs hacia arriba, se puede ajustar la torreta 1.5 MRADs hacia abajo para ajustar.

Opcionalmente se podría medir la distancia entre el centro y el impacto, y tomando en cuenta la distancia al blanco, se puede calcular la corrección angular.

Recordar que:

$$\frac{\text{caída o dispersión (en mm)}}{\text{distancia(en m)}} \approx \text{ángulo en MRADs}$$

Hasta 50 MRADs esta última fórmula tiene un error menor al 0.08%.

1 MRAD ~ 3.44 MOAs

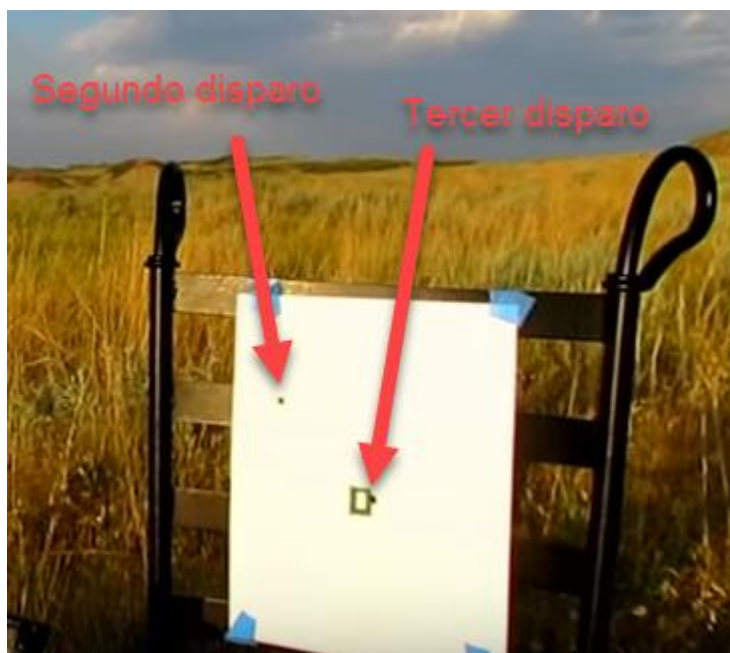
Segundo disparo

Luego de realizar el primer disparo y ajuste a 25m, se puede llevar al blanco a los 100 metros finales, ya que luego del primer ajuste, la diferencia en el punto de impacto no será tan grande como para errarle al blanco de papel. En este caso se repite el procedimiento del primer disparo: se realiza el disparo, se mide la dispersión con el retículo (o se calcula) y se ajusta la torreta.

Tercer disparo

Con el tercer disparo se confirma la puesta a cero del fusil. En caso de ser necesario, se podría repetir el procedimiento de disparo, medición y ajuste.

Luego de confirmado el cero, se ajustan las partes exteriores de la torreta (ver manual de la mira para saber como desconectar la parte exterior de la torreta del mecanismo interno) para que la escala de la mismas marque 0.



16.3.3. Tablas balísticas - Introducción a los modelos de tabla

****SNIPER 101 Part 63 - Ballistic Tables - Excel TEMPLATES Intro****

En esta sección se mostrará un modelo de tabla (es decir, la tabla sin los datos) que se recomienda utilizar. El modelo puede modificarse dependiendo de los requerimientos del tirador. Cada tabla se construye para una presión atmosférica particular, que va a depender de la zona donde se vaya a operar.

En la descripción del video de youtube de esta sección, hay una lista de templates de Excel listas para descargar, así como un ejemplo de tabla con datos cargados. De todas maneras con las descripciones aquí expresadas, es suficiente para que el tirador pueda definir su propia tabla.

La primera fila de la tabla deberá contener información sobre la configuración y estado del fusil, así como también información de la munición a utilizar. Los datos son la condición, largo, y el *twist rate* del cañón, dispositivo en boca utilizado, la fecha que la tabla fue creada, la distancia de la puesta a cero, la altura de la mira óptica con respecto al eje del cañón y la presión atmosférica.

En este modelo de tabla se presentan los datos en 4 grupos de columnas: Distancia al blanco, corrección por caída, corrección por viento y corrección por blanco en movimiento. A su vez, cada grupo de columnas se divide en sub columnas para distintas temperaturas del aire y la munición (y por lo tanto distinta velocidad inicial). Es importante que la munición se mantenga a temperatura ambiente.

Los incrementos de distancia pueden ser de 10 en 10 (para una tabla extensa pero precisa y rápida de usar) como 100 en 100 (para una tabla compacta). Para datos intermedios se utilizará interpolación (ver sección 16.3.5. *Interpolación*), por lo que para incrementos más grandes será necesario realizar más cálculos que en incrementos pequeños, donde el cálculo podría realizarse de forma mental. En los primeros metros para no desperdiciar espacio, no es estrictamente necesario que los incrementos sean chicos ya que la variación no es tan grande.

Cartridge - Bullet - Powder - Primer										B.P: xxx					
Calculated Drop Tables for B.P.: xxx; Corrected for MVV at Air/Ammo Temperatures -5°C to 40°C										ZERO RANGE					
Rifle Model - Barrel condition - length - twist - muzzle device - Tables Optimized date										by: your name					
Target	Bullet Drop (MRADs)									10km/h Wind (MRADs)			Moving Target		
RANGE (m)	-5°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	Air/Ammo Temperature			Air/Ammo Temperature		
	xxx m/s	xxx m/s	xxx m/s	xxx m/s	xxx m/s	xxx m/s	xxx m/s	xxx m/s	xxx m/s	-5°C	20°C	40°C	-5°C	20°C	40°C
100															
150															
200															
210															
220															
1510															
1520															
1530															

Todas las unidades utilizadas (distancias, medidas angulares, temperatura, velocidad, presión atmosférica, etc) pueden ser cambiadas en la unidad que más convenga al tirador.

Luego de la tabla balística, se utiliza una tabla para ajuste por deriva por giro del proyectil (*spin drift*). Similar a la tabla anterior, esta tabla tiene distintas distancias para varias temperaturas. También es importante dejar registro del tipo de punta que se está utilizando. Junto a esta tabla hay un diagrama del retículo que puede ayudar a colocar a distintas distancias el punto de impacto del proyectil.

Calculated **Spin Drift** for xxx grain xxx -x:xx Twist

SPIN ALWAYS ADJUST LEFT						
Target	-5°C	xxx	20°C	xxx	40°C	xxx
RANGE (m)	Spin Drift (MRAD) (in)		Spin Drift (MRAD) (in)		Spin Drift (MRAD) (in)	
100						
200						
300						
400						
500						
600						
700						
800						
900						
1000						
1100						
1200						
1300						
1400						
1500						

Drop @	Range (m)				
MRADs					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Por último, en los modelos de planilla que hay para descargar, se puede ver una tabla de coseno para ayudar a los cálculos para disparos en ángulo o para vientos cruzados, junto con varias fórmulas de conversiones.

Angle / Cosines							
Actual Horizontal Range		Crosswind Values		Conversions			
Angle of Fire	Cosine	Crosswind Angle	Cosine	Meters = Yards / 1.0936			
0 Deg	1.000	90 Deg	1.000	Yards = 1.0936 x Meters			
5 Deg	.996	85 Deg	.996	MOA = 3.43774677078 x MRADs			
10 Deg	.985	80 Deg	.985	MRADs = MOA / 3.43774677078			
15 Deg	.965	75 Deg	.965	Ranging Formulas			
20 Deg	.939	70 Deg	.939	Target Height (inches) x 27.78 = Range (yards)			
25 Deg	.906	65 Deg	.906	MRADs			
30 Deg	.866	60 Deg	.866	Target Height (inches) x 25.4 = Range (meters)			
35 Deg	.819	55 Deg	.819	MRADs			
40 Deg	.766	50 Deg	.766	Psalm 144:1			
45 Deg	.707	45 Deg	.707	Blessed be YHWH my strength, which			
50 Deg	.642	40 Deg	.642	teacheth my hands to war, and my fingers			
55 Deg	.573	35 Deg	.573	to fight.			
60 Deg	.500	30 Deg	.500				
65 Deg	.422	25 Deg	.422				
70 Deg	.342	20 Deg	.342				
75 Deg	.258	15 Deg	.258				
80 Deg	.173	10 Deg	.173				
85 Deg	.087	5 Deg	.087				
90 Deg	.000	0 Deg	.000				

Luego de tener preparado el modelo de tabla, se la puede cargar con los datos calculados desde un programa balístico (ver sección 16.3.4.) para cada una de las distintas temperaturas y velocidades iniciales de la tabla. Cuando se estén llenando los datos, es recomendable no agregar datos pasando la distancia máxima efectiva, ya que sino el tirador podría verse tentado a realizar un disparo pasando esta distancia (ver sección 16.3.6.9.). Es recomendable verificar las velocidades iniciales para las temperaturas dadas antes de realizar los cálculos balísticos. El resultado será tan preciso como los datos ingresados.

.338 Lapua Magnum - 300 gr Sierra MK - 90.0 gr Ramshot Magnum - Federal GM215M															
Calculated Drop Tables for B.P.: 29.92inHg; Corrected for MVV at Air/Ammo Temperatures 0-100 °F 91.4m ZERO B.P.: 29.92inHg															
Surgeon Remedy - Fully broke-in 26" SS Kreiger 1:9.5" twist, Surefire MB - Tables Optimized 7/30/2013 by Tiborasaurusrex															
Target	Bullet Drop (MRADs)									10mph Wind (MRADs)			Moving Target		
RANGE	0 °F	20 °F	40 °F	50 °F	60 °F	70 °F	80 °F	90 °F	100 °F	Air/Ammo Temperature			Air/Ammo Temperature		
(m)	2629	2642	2663	2678	2697	2720	2749	2785	2830	0 °F	50 °F	100 °F	0 °F	50 °F	100 °F
100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4
150	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
200	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4
210	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
220	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
230	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
240	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4

1470	-20,8	-19,9	-19,0	-18,5	-18,0	-17,4	-16,8	-16,1	-15,4	3,4	3,0	2,5	0,6	0,6	0,5
1480	-21,0	-20,2	-19,2	-18,7	-18,2	-17,6	-17,0	-16,3	-15,6	3,5	3,0	2,5	0,6	0,6	0,5
1490	-21,3	-20,4	-19,5	-19,0	-18,4	-17,9	-17,2	-16,5	-15,7	3,5	3,0	2,5	0,6	0,6	0,5
1500	-21,6	-20,7	-19,7	-19,2	-18,7	-18,1	-17,4	-16,7	-15,9	3,5	3,0	2,5	0,6	0,6	0,5
1510	-21,9	-21,0	-20,0	-19,5	-18,9	-18,3	-17,6	-16,9	-16,1	3,5	3,1	2,5	0,6	0,6	0,5
1520	-22,2	-21,2	-20,2	-19,7	-19,1	-18,5	-17,9	-17,1	-16,3	3,6	3,1	2,6	0,6	0,6	0,5
1530		-21,5	-20,5	-19,9	-19,4	-18,8	-18,1	-17,3	-16,5	3,6	3,1	2,6	0,6	0,6	0,5
1540		-21,8	-20,7	-20,2	-19,6	-19,0	-18,3	-17,5	-16,7	3,6	3,1	2,6	0,6	0,6	0,5
1550		-22,0	-21,0	-20,4	-19,8	-19,2	-18,5	-17,8	-16,9	3,7	3,2	2,6	0,6	0,6	0,5
1560			-21,3	-20,7	-20,1	-19,4	-18,7	-18,0	-17,1	3,7	3,2	2,7	0,6	0,6	0,5
1570			-21,5	-20,9	-20,3	-19,7	-19,0	-18,2	-17,3	3,7	3,2	2,7	0,6	0,6	0,5
1580			-21,8	-21,2	-20,6	-19,9	-19,2	-18,4	-17,5	3,8	3,3	2,7	0,6	0,6	0,5
1590			-22,1	-21,5	-20,8	-20,1	-19,4	-18,6	-17,7	3,8	3,3	2,7	0,6	0,6	0,5
1600				-21,7	-21,1	-20,4	-19,6	-18,8	-17,9	3,8	3,3	2,8	0,6	0,6	0,5
1610				-22,0	-21,3	-20,6	-19,9	-19,0	-18,1	3,9	3,3	2,8	0,6	0,6	0,5
1620					-21,6	-20,9	-20,1	-19,3	-18,3	3,9	3,4	2,8	0,6	0,6	0,5
1630					-21,8	-21,1	-20,3	-19,5	-18,5	3,9	3,4	2,8	0,6	0,6	0,5
1640	Subsonic Zone				-22,1	-21,4	-20,6	-19,7	-18,8	4,0	3,4	2,8	0,7	0,6	0,5
1650						-21,6	-20,8	-19,9	-19,0	4,0	3,5	2,9	0,7	0,6	0,5

Calculated **Spin Drift** for 300 grain Sierra MKs -1:9.5" Twist

SPIN ALWAYS ADJUST LEFT						
Target	0°F	2629	50°F	2678	100°F	2830
RANGE (m)	Spin Drift (MRAD)	Spin Drift (in)	Spin Drift (MRAD)	Spin Drift (in)	Spin Drift (MRAD)	Spin Drift (in)
100	0	0,1	0,0	0,1	0	0,1
200	0	0,3	0,0	0,4	0	0,3
300	0,1	0,8	0,1	0,8	0,1	0,7
400	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,3
500	0,1	2,2	0,1	2,2	0,1	2,1
600	0,1	3,2	0,1	3,2	0,1	3
700	0,2	4,5	0,2	4,5	0,2	4,2
800	0,2	6,1	0,2	6,1	0,2	5,7
900	0,2	8,1	0,2	8,0	0,2	7,4
1000	0,3	10,5	0,3	10,3	0,2	9,5
1100	0,3	13,4	0,3	13,0	0,3	11,9
1200	0,4	16,8	0,3	16,2	0,3	14,7
1300	0,4	20,9	0,4	20,0	0,4	18
1400	0,5	25,6	0,4	24,3	0,4	21,8
1500	0,5	31,1	0,5	29,4	0,4	26,2
1600	0,6	37,3	0,6	35,1	0,5	31,2
1700	0,7	44,4	0,6	41,6	0,6	36,9
1800	0,7	52,3	0,7	48,8	0,6	43,2

Drop @ 2720fps (70°F)		Range (m)	
MRADs			
		200	
1		270	
		330	
2		390	
		440	
3		500	
		550	
4		595	
		640	
5		690	
		730	
6		770	
		810	
7		850	
		890	
8		930	
		960	
9		1000	
		1030	
10		1065	

La recomendación para la corrección por desvío del viento, es no ingresar el valor de corrección en la mira, sino utilizar el retículo para la compensación. La intensidad y dirección del viento está continuamente cambiando, por lo que es mucho más ágil realizar la compensación utilizando el retículo.

16.3.4. Creación de tabla balística utilizando *JBM Ballistics*

****SNIPER 101 Part 64 - JBM Ballistics Intro****

En esta sección se muestra como completar los datos de las tablas balísticas utilizando el programa balístico online, *JBM Ballistics*. El tirador puede utilizar otro programa balístico si así lo desea.

Paso 1

Llenar los datos del cabezal de la tabla, que especifican el fusil, la munición, y resto de los datos (ver sección 16.3.3).

Cartridge - Bullet - Powder - Primer										B.P.: xxx	
Calculated Drop Tables for B.P.: xxx ; Corrected for MVV at Air/Ammo Temperatures 0-100 °F										ZERO RANGE	
Rifle Model - Barrel condition - length - twist - muzzle device - Tables Optimized date										by: your name	
Target	Bullet Drop (MRADs)								10mph Wind (MRADs)	LEAD/1 fps (MRADs)	
RANGE											



.338 Lapua Magnum - 300 gr Sierra MK - 90.0 gr Ramshot Magnum - Federal GM215M										B.P.: 29.92inHg	
Calculated Drop Tables for B.P.: 29.92inHg ; Corrected for MVV at Air/Ammo Temperatures 0-100 °F										91.4m ZERO	
Surgeon Remedy - Fully broke-in 26" SS Kreiger 1:9.5" twist, Surefire MB - Tables Optimized 7/30/2013 by Tiborasaurusrex											
Target	Bullet Drop (MRADs)								10mph Wind (MRADs)	LEAD/1 fps (MRADs)	
RANGE											

Paso 2

Elegir unidad de temperatura (elegir unidad conveniente) y llenar los datos de las velocidades iniciales. Para esto hay que consultar la curva de variaciones de velocidades iniciales (ver sección 16.1).

Target	Bullet Drop (MRADs)									10mph Wind (MRADs)	LEAD/1 fps (MRADs)
RANGE	0 °F	20 °F	40 °F	50 °F	60 °F	70 °F	80 °F	90 °F	100 °F	Air/Ammo Temperature	Air/Ammo Temperature
(m)	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	0 °F 50 °F 100 °F	0 °F 50 °F 100 °F



Target	Bullet Drop (MRADs)									10mph Wind (MRADs)	LEAD/1 fps (MRADs)
RANGE	0 °F	20 °F	40 °F	50 °F	60 °F	70 °F	80 °F	90 °F	100 °F	Air/Ammo Temperature	Air/Ammo Temperature
(m)	2629	2642	2663	2678	2697	2720	2749	2785	2830	0 °F 50 °F 100 °F	0 °F 50 °F 100 °F

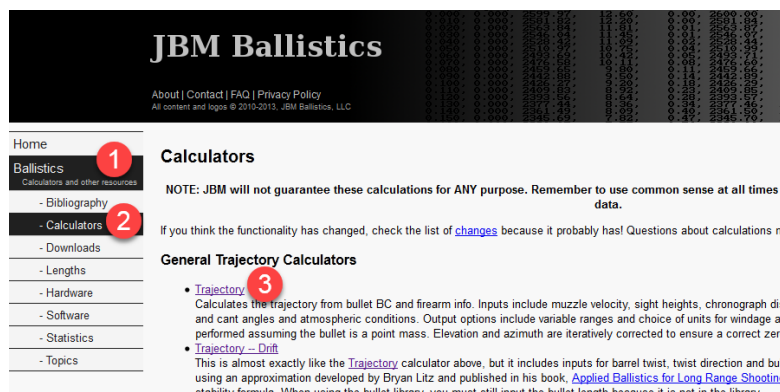
Paso 3

En este paso se utiliza JBM Ballistics para completar los datos de la tabla.

Se puede acceder a JBM Ballistics desde cualquier Navegador Web entrando en la siguiente página:

<http://www.jbmballistics.com/>

Luego de entrar, elegir el menú *Ballistics* en la izquierda, luego *Calculators* y en la página que despliega, elegir *Trajectory*.



Esto desplegará un formulario con

muchos datos para ingresar, que al principio parecen intimidantes. Recordar que cuanto más precisos sean los datos de entrada, más precisos serán los datos de salida del programa. Por cada columna de temperatura/velocidad de la tabla a construir, se realiza un cálculo con JBM Ballistics y se llena la columna correspondiente.

Los campos marcados con signos de exclamación (en este texto) son los únicos campos que cambian entre una columna de la tabla balística y otras. Los vínculos con signo de interrogación son para ver la descripción del campo.

Lo primero que aparece para llenar, son los datos de la punta. Se puede elegir la punta de la lista que aparece, o se pueden ingresar los datos manualmente (si se disponen de ellos).

The image shows the JBM Ballistics calculator form. It has a dropdown menu for 'Library (Select bullet or enter BC and Weight below.)' with 'None' selected. Below this are four input fields: 'Ballistic Coefficient' with a value of '0.465' and a unit of 'G1', 'Bullet Weight' with a value of '168' and a unit of 'gr', 'Caliber' with a value of '0.308' and a unit of 'in'. Each input field has a link icon to its right.

Lo siguiente que aparece para ingresar, son la velocidad inicial y la distancia al cronógrafo. Será necesario realizar un cálculo con JBM Ballistics, por cada una de las distintas temperaturas (y velocidades iniciales) que se tengan en la tabla a llenar. Este dato queda marcado con un signo de exclamación para resaltar este hecho.

 Muzzle Velocity (500.0 to 4800.0 ft/s) [3000.0] [?]	Distance to Chronograph (0.0 to 100.0 yd) [10.0] [?]
<input type="text" value="2629"/> ft/s ▾	<input type="text" value="3"/> m ▾

En el siguiente juego de datos de momento y para la tarea de llenar la tabla balística solo es necesario ingresar la altura de la mira y dejando en 0.0 el resto de los datos. La altura de la mira es la distancia entre el eje del cañón y el eje de la mira óptica.

Sight Height (-100.00 to 100.00 in) [1.5] [?] <input type="text" value="1.6"/> in ▾	Sight Offset (-100.00 to 100.00 in) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/> in ▾
Zero Height (-100.00 to 100.00 in) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/> in ▾	Zero Offset (-100.00 to 100.00 in) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/> in ▾
Windage (-300.000 to 300.000 MOA) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/> MOA ▾	Elevation (-300.000 to 300.000 MOA) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/> MOA ▾
Line Of Sight Angle (-90.0 to 90.0 deg) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/>	Cant Angle (-90.0 to 90.0 deg) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/>

Los siguientes datos son la velocidad del viento y el ángulo del viento. Para poder cargar los datos en las tablas balísticas es recomendable utilizar unidades de 10, ya sea kilómetros por hora, millas por hora o la velocidad que sea conveniente, y ángulo de 90° (viento cruzado).

Wind Speed (0.0 to 100.0 mph) [10.0] [?] <input type="text" value="10"/> mph ▾	Wind Angle (0.0 to 360.0 deg) [90.0] [?] <input type="text" value="90.0"/>
---	---


A continuación viene la información del blanco. Se debe ingresar a qué velocidad se mueve el blanco y con qué ángulo. Por ahora no se utilizará la altura del blanco. La recomendación para la velocidad del blanco es de 1 pie por segundo o metro por segundo, ya que es considerablemente fácil de calcular a cuantos pies o metros por segundo se mueve el blanco.

Target Speed (0.0 to 100.0 mph) [10.0] [?] <input type="text" value="1"/> ft/s ▾	Target Angle (-90.0 to 90.0 deg) [90.0] [?] <input type="text" value="90.0"/>
Target Height (2.0 to 100.0 in) [12.0] [?] <input type="text" value="12.0"/> in ▾	

Luego se ingresan los datos de distancias mínima y máxima que aparecerá en la tabla balística, el incremento (en este caso de 100 en 100) y la distancia de puesta a cero del fusil. Notar que no se muestra la unidad de distancia, esto es porque se elige más adelante.

Minimum Range (0 to 3999) [0] [?] <input type="text" value="100"/>	Maximum Range (1 to 4000) [1000] [?] <input type="text" value="1500"/>
Range Increment (1 to 4000) [100] [?] <input type="text" value="100"/>	Zero Range (1 to 4000) [100] [?] <input type="text" value="100"/>

El siguiente juego de datos está relacionado a las condiciones meteorológicas. Se debe ingresar la temperatura de la columna que se esté llenando y la presión atmosférica de la tabla a llenar (es recomendado que la presión para las distintas tablas sean múltiplo de 10 para que la interpolación sea más fácil). La humedad, como se vio en la sección 13.1.4, no tiene mayor impacto en la trayectoria del proyectil cuando la distancia es menor a 1000 metros, por lo que una humedad del 50% puede ser adecuada. Por ahora no se utilizará la altitud. Hay que desmarcar la casilla de “*Pressure is Corrected*”, ya que se trabajará con presiones absolutas medidas en el campo.

 Temperature (-40.0 to 140.0 °F) [59.0] [?] <input type="text" value="0"/> °F ▾ Humidity (0.0 to 100.0 %) [0.0] [?] <input type="text" value="50"/> <input type="checkbox"/> Std. Atmosphere at Altitude [?]	Pressure (15.00 to 40.00 in Hg) [29.92] [?] <input type="text" value="30.00"/> in Hg ▾ Altitude (-4000.0 to 15000.0 ft) [0.0] [?] <input type="text" value="0.0"/> ft ▾ <input type="checkbox"/> Pressure is Corrected [?]
---	--

A continuación se ingresan datos sobre la zona vital (para cálculo de *Point Blank Range*) y en qué unidad se mostrará la energía remanente. Además se permite elegir en qué unidades se mostrarán las dos columnas que se obtendrán al realizar los cálculos (elegir unidad conveniente).

Vital Zone Radius (2.0 to 100.0 in) [5.0] [?] <input type="text" value="5.0"/> in ▾	"Energy Column" Formula [?] <input type="text" value="Energy (ft·lbs)"/>
Column 1 Units (0.05 to 10.00 MOA) [1.00] [?] <input type="text" value="1.00"/> cm ▾	Column 2 Units (0.05 to 10.00 MOA) [1.00] [?] <input type="text" value="1.00"/> mil ▾

El último conjunto de datos son casillas de verificación para varias opciones. Marcar como en la imagen inferior salvo el de “*Ranges in meters*” que va a depender si se quiere las distancias en metros o yardas (marcado para metros, desmarcado para yardas).

<input checked="" type="checkbox"/> Elevation Correction for Zero Range [?]	<input type="checkbox"/> Windage Correction for Zero Range [?]
<input checked="" type="checkbox"/> Ranges in Meters [?]	<input checked="" type="checkbox"/> Target Relative Drops [?]
<input type="checkbox"/> Zero at Max. Point Blank Range [?]	<input checked="" type="checkbox"/> Mark Sound Barrier Crossing [?]
<input type="checkbox"/> Include Extra Rows [?]	<input type="checkbox"/> Round Output to Whole Numbers [?]
<input type="checkbox"/> Include Danger Space [?]	

Luego que esté todo seleccionado, se presiona el botón “Calculate”.



El resultado es una gran tabla con tres secciones: datos de entrada, datos de salida y tabla balística.

Los datos de entrada se muestran para que en caso de imprimir la hoja se tengan todos los datos a los que corresponden los resultados. Todos estos datos son básicamente los ingresados anteriormente.

Trajectory			
Input Data			
Ballistic Coefficient:	0.465 G1	Caliber:	0.308 in
Bullet Weight:	168.0 gr		
Muzzle Velocity:	2629.0 ft/s	Distance to Chronograph:	3.0 m
Sight Height:	1.60 in	Sight Offset:	0.00 in
Zero Height:	0.00 in	Zero Offset:	0.00 in
Windage:	0.000 MOA	Elevation:	0.000 MOA
Line Of Sight Angle:	0.0 deg	Cant Angle:	0.0 deg
Wind Speed:	10.0 mph	Wind Angle:	90.0 deg
Target Speed:	1.0 ft/s	Target Angle:	90.0 deg
Target Height:	12.0 in		
Temperature:	0.0 °F	Pressure:	30.00 in Hg
Humidity:	50 %	Altitude:	0.0 ft
Vital Zone Radius:	5.0 in		
Std. Atmosphere at Altitude:	No	Pressure is Corrected:	No
Zero at Max. Point Blank Range:	No	Target Relative Drops:	Yes
Mark Sound Barrier Crossing:	Yes	Include Extra Rows:	No
Column 1 Units:	1.00 cm	Column 2 Units:	1.00 mil
Round Output to Whole Numbers:	No		

Los datos de salida son los datos generales calculados con los datos de entrada ingresados.

Output Data			
Elevation:	4.173 MOA	Windage:	0.000 MOA
Atmospheric Density:	0.08650 lb/ft ³	Speed of Sound:	1051.0 ft/s
Maximum PBR:	289 m	Maximum PBR Zero:	246 m
Range of Maximum Height:	137 m	Energy at Maximum PBR:	1497.5 ft•lbs
Sectional Density:	0.253 lb/in ²		

La tercer sección es la tabla balística con los datos de caída, desviación por viento, etc. Marcado en rojo se ve cuando la velocidad se vuelve subsónica, por lo que es la distancia máxima efectiva.

Calculated Table										
Range (m)	Drop (cm)	Drop (mil)	Windage (cm)	Windage (mil)	Velocity (ft/s)	Mach (none)	Energy (ft•lbs)	Time (s)	Lead (cm)	Lead (mil)
100	-0.0	-0.0	1.6	0.2	2406.1	2.289	2159.2	0.130	4.0	0.4
200	-14.2	-0.7	6.8	0.3	2188.1	2.082	1785.8	0.273	8.3	0.4
300	-50.6	-1.7	16.0	0.5	1981.6	1.885	1464.5	0.431	13.1	0.4
400	-114.0	-2.8	29.8	0.7	1786.7	1.700	1190.6	0.605	18.4	0.5
500	-210.5	-4.2	49.1	1.0	1604.7	1.527	960.5	0.799	24.4	0.5
600	-348.3	-5.8	74.5	1.2	1437.9	1.368	771.1	1.015	30.9	0.5
700	-537.3	-7.7	107.0	1.5	1289.1	1.227	619.8	1.256	38.3	0.5
800	-790.1	-9.9	147.0	1.8	1162.3	1.106	503.9	1.525	46.5	0.6
900	-1121.1	-12.5	194.6	2.2	1061.6	1.010	420.3	1.821	55.5	0.6
1000	-1545.9	-15.5	249.3	2.5	986.8	0.939	363.2	2.142	65.3	0.7
1100	-2079.2	-18.9	310.1	2.8	930.5	0.885	323.0	2.485	75.8	0.7
1200	-2734.8	-22.8	376.2	3.1	885.5	0.842	292.4	2.848	86.8	0.7
1300	-3525.7	-27.1	447.2	3.4	847.3	0.806	267.8	3.228	98.4	0.8
1400	-4464.8	-31.9	522.9	3.7	813.9	0.774	247.1	3.625	110.5	0.8
1500	-5564.9	-37.1	603.2	4.0	783.9	0.746	229.2	4.038	123.1	0.8

Lo que se tiene que hacer luego de este cálculo es copiar la columna de caída (*drop*) en la columna correspondiente de la tabla balística en construcción, al igual que la desviación por viento y corrección por desplazamiento del blanco si corresponde la temperatura.

Target RANGE (m)	Bullet Drop (MRADs)									10mph Wind (MRAD)			LEAD/1 fps (MRADs)		
	0 °F	20 °F	40 °F	50 °F	60 °F	70 °F	80 °F	90 °F	100 °F	Air/Ammo Temperature			Air/Ammo Temperature		
	2629	2642	2663	2678	2697	2720	2749	2785	2830	0 °F	50 °F	100 °F	0 °F	50 °F	100 °F
100	-0.0									0.2			0.4		
200	-0.7									0.3			0.4		
300	-1.7									0.5			0.4		
400	-2.8									0.7			0.5		
500	-4.2									1.0			0.5		
600	-5.8									1.2			0.5		
700	-7.7									1.5			0.5		
800	-9.9									1.8			0.6		
900	-12.5									2.2			0.6		
1000	-15.5									2.5			0.7		
1100															
1200															

Se repite la operación hasta completar la tabla balística. Para llenar la siguiente columna, si se “va hacia atrás” en el navegador, todos los datos que se hayan usados van a estar precargados, por lo que solo se tendrá que cambiar la temperatura y velocidad inicial. La distancia máxima efectiva será cada vez más distante a medida que aumente la temperatura (y velocidad inicial).

Paso 4

En este paso se llenan los datos de la tabla para desviación de deriva por giro del proyectil o *spin drift* (Ver sección 16.3.6.6.).

Se vuelve a recordar que la tabla balística construida es para cuando la temperatura ambiente coincide con la temperatura de la munición, en caso contrario, será necesario realizar un *CalcForm* (ver sección 16.5.1.).

Algo que genera dudas (en general) con la forma anteriormente descrita, es referente a la distancia del cero, donde para todas las distintas temperaturas y velocidades iniciales, se le indica al programa balístico que la distancia del cero es la misma. Lo que sucede en realidad, es que las condiciones de puesta a cero solo coinciden con una de las tablas y una de las columnas (a una presión atmosférica dada, una temperatura del aire dada y una velocidad inicial), por lo que al cambiar las condiciones (columna), el punto de impacto cambia, no puede ser igual al de condiciones de “cero”. Esta variación es mínima, aproximadamente 0.1 MRADs a 100 m en el ejemplo que se muestra, de 0°F a 100°F, es decir comparando -18°C con 38°C.

De todas maneras, si se quiere corregir esto, cuando se comience a llenar la tabla se debe empezar por la columna “cero” tal cual como se explicó anteriormente. En los resultados de salida está el dato de elevación (*elevation*) que indica el ángulo entre la línea de miras y el eje del cañón (o línea de tiro). Para los cálculos de las siguientes columnas, se debe ingresar el valor de elevación obtenido anteriormente y desmarcar la casilla “Elevation correction for zero range”. De esta manera la distancia del cero quedará definida por el ángulo real del

ajuste de la mira.

16.3.5. Interpolación

****SNIPER 101 Part 65 - INTERPOLATION****

En el subcampo matemático del análisis numérico, se denomina *interpolación* a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos. Es decir, que utilizando datos que se disponen, se obtienen de forma estimada --y aproximada-- datos que no se disponen, pero que se encuentran entre datos conocidos.

Suponer un blanco a 934 m de distancia, y que la temperatura ambiente es de 40°F (4.4°C).

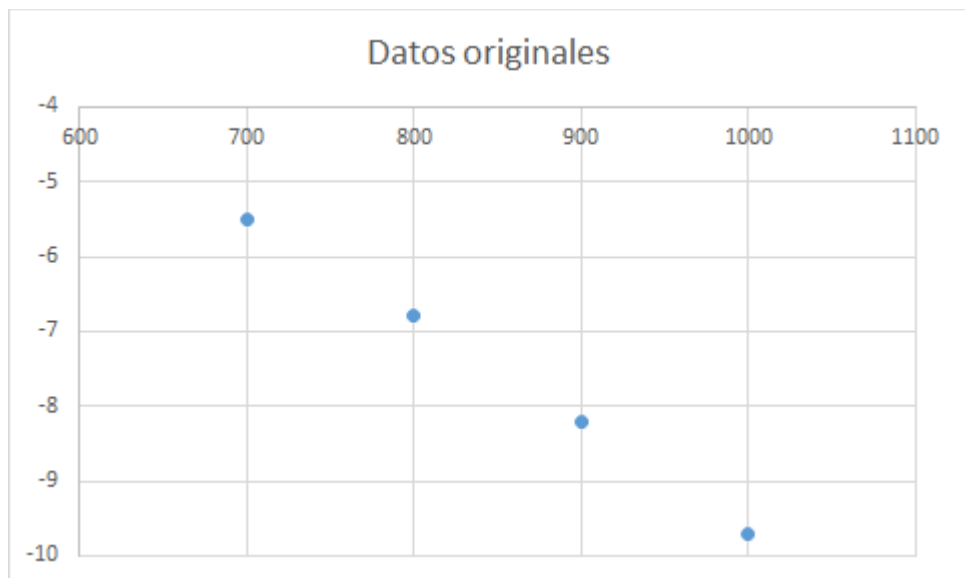
Ahora supóngase la siguiente tabla balística:

Target RANGE (m)	Bullet Drop (MRADs)									10mph Wind (MRADs)			Moving Target		
	0 °F	20 °F	40 °F	50 °F	60 °F	70 °F	80 °F	90 °F	100 °F	Air/Ammo Temperature			LEAD/1 fps (MRADs)		
	2629	2642	2663	2678	2697	2720	2749	2785	2830	0 °F	50 °F	100 °F	0 °F	50 °F	100 °F
700	-5,8	-5,7	-5,5	-5,4	-5,3	-5,2	-5,0	-4,8	-4,6	1,3	1,1	1,0	0,5	0,5	0,4
800	-7,2	-7,0	-6,8	-6,7	-6,5	-6,3	-6,2	-5,9	-5,7	1,5	1,3	1,1	0,5	0,5	0,4
900	-8,7	-8,5	-8,2	-8,0	-7,8	-7,6	-7,4	-7,1	-6,8	1,8	1,5	1,3	0,5	0,5	0,4
1000	-10,4	-10,1	-9,7	-9,5	-9,3	-9,0	-8,8	-8,4	-8,1	2,0	1,8	1,5	0,5	0,5	0,5

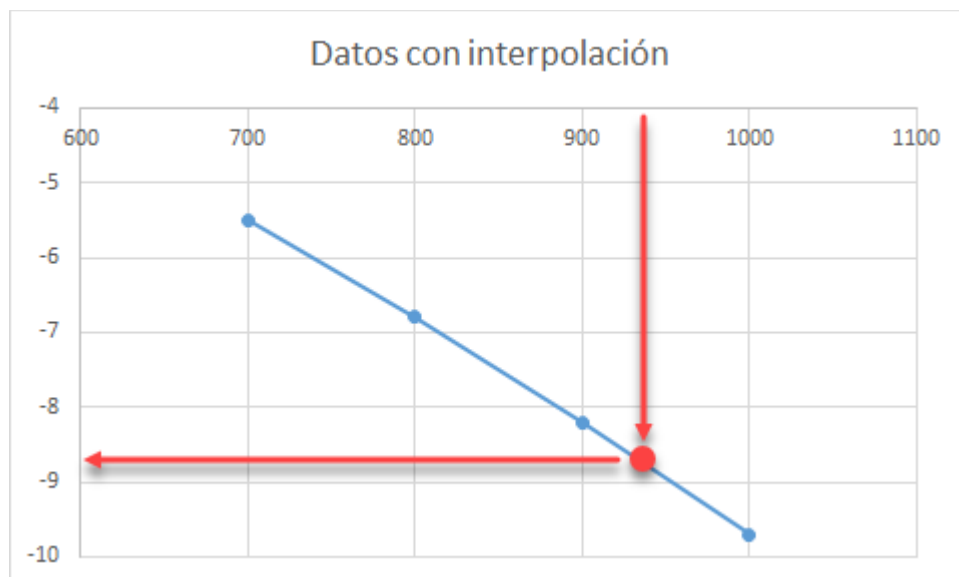
En la tabla no se encuentran datos para la caída a distancias exactas, sino de 100 en 100 metros. Para 40°F, el valor de caída debería estar entre los 900 y 1000 metros. Si fueran 900 m

al blanco, la caída sería de -8.2 MRADs, y si fueran 1000 m la caída sería de -9.7 MRADs (ambos valores presentes en la tabla), por lo que la caída real estará entre ambos valores.

Si bien no es necesario tener los datos en una gráfica, aquí se lo muestra así para facilitar la explicación. Los puntos azules representan los datos reales que se disponen. La interpolación representada gráficamente sería unir los puntos con líneas rectas, y



luego desde el eje X (de la distancia) para la distancia de 934 m, proyectar otra línea hasta que intersecta la curva de la gráfica. Este punto de intersección proyectado en el eje Y (corrección en MRADs) es la caída interpolada.



Matemáticamente, primero hay que calcular qué relación de proporción tiene los 934 m con los 900 m y 1000 m para luego utilizar esta proporción calculada, para obtener la caída interpolada entre -8.2 y -9.7 MRADs.

Entre 900 y 1000 metros hay 100 m. Entre -8.2 y -9.7 MRADs hay -1.5 MRADs. 934 m está a 34 m de 900. La proporción entre 34 m y 100 m son 0.34 (o 34%). Por lo tanto a la caída a 900 m (es decir a -8.2 MRADs) hay que sumarle el 34% de -1.5 MRADs, por lo que la caída para los 934 metros es: $-8,2 - 1.5 \times 0.34 = -8.2 - 0.51 = \underline{-8.71 \text{ MRADs}}$.

La interpolación lineal como fórmula sería:

$$y = y_a + (x - x_a) \times \left(\frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \right)$$

Donde:

- (x, y) es el punto interpolado. (en el ejemplo anterior, “x” la distancia, “y” es la caída)
 - (934,?)
- (x_a, y_a) y (x_b, y_b) son los dos puntos existentes
 - (900, -8.2) y (1000, -9.7)

En el ejemplo anterior el cálculo queda como:

$$y = -8.2 + (934 - 900) \times \left(\frac{-9.7 - (-8.2)}{1000 - 900} \right) = -8.71 \text{ MRADs}$$

Hay que tomar en cuenta que la interpolación aquí descrita es lineal, pero la trayectoria del proyectil no es lineal; la interpolación no es exacta, es solo una aproximación. Cuanto más cerca estén los puntos a interpolar, más precisos serán los datos obtenidos de estos.

La interpolación podría utilizarse para obtener la caída a una temperatura intermedia entre dos columnas. Ej: 800 m a 88 °F. 88 °F está a 80% entre 80 °F y 90 °F. La caída es -6.2 MRADs para 80 °F y -5.9 MRADs para 90 °F. La diferencia es de -0.3 MRADs y el 80% de esto es -0.24 MRADs. Por lo tanto la caída es $-5.9 - 0.24 = -6.14 \text{ MRADs}$.

En muchos casos, ni la distancia ni la temperatura van a coincidir con una columna o fila de la tabla, por lo que se tendrán 4 posibles datos de caída. Se interpola 2 veces para dos distancias distintas, con lo que se obtienen dos nuevos datos corregidos para cierta distancia, y luego se realiza la interpolación con los dos datos para las temperaturas.

Target RANGE (m)	Bullet Drop (MRADs)									10mph Wind (MRADs)			Moving Target		
	0 °F	20 °F	40 °F	50 °F	60 °F	70 °F	80 °F	90 °F	100 °F	Air/Ammo Temperature			LEAD/1 fps (MRADs)		
	2629	2642	2663	2678	2697	2720	2749	2785	2830	0 °F	50 °F	100 °F	0 °F	50 °F	100 °F
700	-5,8	-5,7	-5,5	-5,4	-5,3	-5,2	-5,0	-4,8	-4,6	1,3	1,1	1,0	0,5	0,5	0,4
800	-7,2	-7,0	-6,8	-6,7	-6,5	-6,3	-6,2	-5,9	-5,7	1,5	1,3	1,1	0,5	0,5	0,4
900	-8,7	-8,5	-8,2	-8,0	-7,8	-7,6	-7,4	-7,1	-6,8	1,8	1,5	1,3	0,5	0,5	0,4
1000	-10,4	-10,1	-9,7	-9,5	-9,3	-9,0	-8,8	-8,4	-8,1	2,0	1,8	1,5	0,5	0,5	0,5

Si se quisiera realizar un disparo a 950 metros a una temperatura de 95°F se haría lo siguiente:

- Para 90 °F la interpolación entre -7.1 MRADs y -8.4 MRADs es $\underline{-7.75 \text{ MRADs}}$.

- Para 100 °F la interpolación entre -6.8 MRADs y -8.1 MRADs es -7.45 MRADs.
- La caída final se calcula con la interpolación entre -7.75 MRADs y -7.45 MRADs: -7.6 MRADs

16.3.6. Dinámica del proyectil

16.3.6.1. Centro de gravedad, Centro de presión y Momento de Inercia

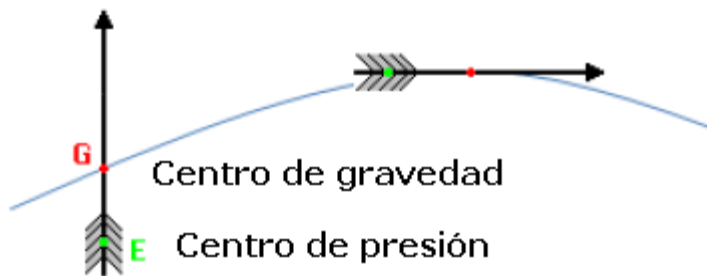
SNIPER 101 Part 66 - External Ballistics: Pressure & Gravity

Los tres conceptos presentados aquí son fundamentales para poder entender la estabilidad del proyectil en vuelo y porqué es necesario imprimirle un giro al proyectil --con las estrías del cañón--.

De forma muy simplificada, el **centro de gravedad** de un objeto es el punto donde el objeto está balanceado; hay igual peso de un lado que al otro de este punto.

El **centro de presión** (o centro de empuje aerodinámico) es similar al centro de gravedad, salvo que lo que está balanceado son las presiones que son ejercidas sobre el objeto.

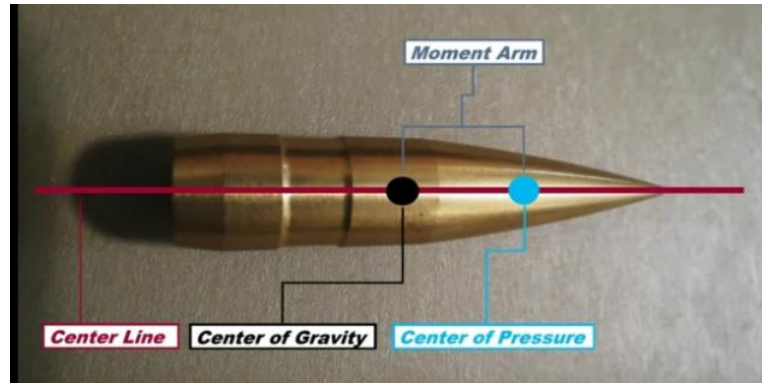
El **momento de inercia** depende de los dos conceptos presentados anteriormente y depende de la distancia entre ambos puntos.



Si se toma como ejemplo una flecha, el centro de gravedad estará próximo al medio. Cuando esta esté en vuelo, la presión aerodinámica estará más próxima de la parte trasera, donde están los timones. Lo que sucede es que la

desaceleración que sufre el centro de presión es mayor a la desaceleración que sufre el centro de gravedad, por lo que la flecha se comportaría como si alguien tirara del centro de gravedad hacia adelante y del centro de presión hacia atrás; la consecuencia de esto es que la flecha se auto-estabiliza y se mantiene cercana a la tangente de la trayectoria que describe el centro de gravedad.

Con los proyectiles de fusil --spitzer en su mayoría--, la presión estará concentrada en la parte frontal por lo que el centro de presión estará en esta parte, mientras que el centro de gravedad se encuentra en una posición posterior a este. Lo que sucede con esto, es que el centro de gravedad tenderá a ir hacia adelante, mientras que el centro de presión hacia atrás (por acción del aire al igual que con la flecha), por lo que el proyectil tenderá a tumbar. Cuando mayor sea la distancia entre el centro de gravedad y centro de presión, mayor será la tendencia a tumbar. Es por esto que es necesario aplicar un movimiento rotacional al proyectil para que el efecto giroscópico estabilice el proyectil y evite que tumbé, de la misma manera que lo hace con los trompos (ver sección 16.3.6.2.).



No hay que confundir el concepto de centro de masa con el concepto de centro de gravedad; no son sinónimos. De todas maneras en los objetos dentro del campo gravitatorio terrestre, el centro de gravedad y el centro de masa coinciden o están muy próximos.

16.3.6.2. Estabilidad del proyectil

****SNIPER 101 Part 67 - Bullet Stability****

Como se explicó en la sección anterior, como los proyectiles de fusiles tienen el centro de gravedad por detrás del centro de presión, es necesario estabilizarlos para que no tumben, y la forma de hacerlo es imprimirles un movimiento rotacional para que evite que el proyectil tumbé. Esta propiedad es conocida como rigidez giroscópica, que provoca que el proyectil tienda a mantener fijo su eje de giro.

Un proyectil estabilizado, mantiene su eje de giro próximo a la tangente de la trayectoria (apunta hacia la dirección de desplazamiento). Un eje de rotación demasiado rígido puede provocar efectos negativos (ver sección 16.3.6.4) y evitar esto en la rama descendente (el proyectil cae de panza).

Existen varios factores que afectan la rigidez giroscópica, entre los cuales muchos están relacionados:

- Velocidad de giro
 - Se mide en cantidad de pulgadas que avanza el proyectil por giro completo (360°) dentro del cañón. Misma medida del pase de estrías (ver sección 7.4).

- A mayor velocidad rotacional, mayor será la rigidez del eje de giro.
- **Peso del proyectil**
 - Dejando todo invariable pero aumentando el peso del proyectil se aumenta la rigidez del eje de giro. Por lo general, si no se comparan distintos materiales, con un mismo diámetro de proyectil, un mayor peso significa un proyectil más largo, lo que termina reduciendo la rigidez del eje de giro.
- **Diámetro del proyectil (calibre).**
 - A mayor diámetro, mayor rigidez del eje de giro, por lo que es más fácil estabilizar calibres grandes.
- **Velocidad**
 - Al aumentar la velocidad, aumenta la velocidad de giro, por lo que aumenta la rigidez del eje de giro.
 - Al aumentar la velocidad, aumenta la presión en el centro de presión, por lo que reduce la rigidez del eje de giro.
 - De todas maneras en resultados neto, el aumento de velocidad aumenta la rigidez del eje de giro.
- **Eficiencia aerodinámica**
 - Cuanto más aerodinámico sea el proyectil, mayor será la rigidez del eje de giro.
- **Largo del proyectil**
 - Al aumentar el largo del proyectil, aumenta la distancia entre el centro de gravedad y el centro de presión, por lo que disminuye la rigidez del eje de giro.
- **Condición atmosférica**
 - Cuanto más denso sea el aire, menor será la rigidez del eje de giro.

Para poder sacar conclusiones de si un proyectil es adecuado o no, hay que tomar en cuenta todos los factores y no solo uno o dos. De todas maneras puede haber casos donde para D.D.Ext. sea preferible utilizar un proyectil que sea menos estable que otro, porque sus características sean más adecuadas. Es recomendable revisar la información del fabricante para ver el pase de estrías recomendado, (por lo general el valor recomendado es obtenido por observación y pruebas). Si no se cuenta con esta información se puede utilizar una fórmula para cuantificar la estabilidad del proyectil.

Una de las fórmulas utilizadas es la **Fórmula de Greenhill:**

$$Twist = \frac{C D^2}{L} \times \sqrt{\frac{SG}{10.9}}$$

Donde

- C: 150 (180 cuando la velocidad inicial supera los 2,800 fps)
- D: Diámetro del proyectil (en pulgadas)
- L: Largo del proyectil (en pulgadas)
- SG: Gravedad específica del proyectil (densidad del proyectil / densidad del agua)
 - 10.9 es usado para plomo, lo que cancela la segunda parte de la ecuación.
- Twist: el pase de estrías recomendado en pulgadas por vuelta.

Otras de las fórmulas comúnmente utilizadas es la **Fórmula de Miller**, la cual expande la fórmula anterior:

$$t = \sqrt{\frac{30m}{s \cdot d^3 \cdot L(1+L^2)}}$$

Donde:

- m: la masa del proyectil (en grains)
- s: factor de estabilidad giroscópico (se podría utilizar un factor de seguridad de 2)
- d: diámetro del proyectil (en pulgadas)
- L: largo del proyectil (en cantidad de calibres)
- t: velocidad de giro (en cantidad de calibres / vuelta).

Se puede cambiar la fórmula para obtener T que sería la velocidad de giro en pulgadas por vuelta:

$$T = \sqrt{\frac{30m}{s \cdot d \cdot L(1+L^2)}}$$

Hay que tomar en cuenta que estas fórmulas toman ciertos valores como estándar para su cálculo por lo que su precisión depende de muchos factores.

Se puede utilizar *JBM Ballistics* (ver capítulo 16.3.4) para calcular la estabilidad.

Calculate a stability factor for a bullet using the Miller stability formula. Output is red for unstable, yellow for marginal stability and green for stable.

Explanation of [terms](#)

Caliber (0.100 to 2.000 in) [0.308] [?]

0.308 in

Bullet Weight (5.0 to 15000.0 gr) [220.0] [?]

220.0 gr

Bullet Length (0.100 to 4.000 in) [1.5] [?]

1.5 in

Plastic Tip Length (0.000 to 4.000 in) [0.0] [?]

0.0 in

Muzzle Velocity (500.0 to 4800.0 ft/s) [3000.0] [?]

3000.0 ft/s

Barrel Twist (2.0 to 100.0 in) [12.0] [?]

12 in

Temperature (-40.0 to 140.0 °F) [59.0] [?]

59.0 °F

Pressure (15.00 to 40.00 in Hg) [29.92] [?]

29.92 in Hg

Calculate

Stability			
Input Data			
Caliber:	0.308 in	Bullet Weight:	220.0 gr
Bullet Length:	1.500 in	Plastic Tip Length:	0.000 in
Muzzle Velocity:	3000.0 ft/s	Barrel Twist:	12.0 in
Temperature:	59.0 °F	Pressure:	29.92 in Hg
Output Data			
Stability:	1.265		
29-Sep-17 14:22, JBM/jbmstab-5.1.cgi			

Stability

The Miller stability value. It should be between 1.3 and 2.0 to ensure stability (the military uses 1.5).

Si bien estas fórmulas y cálculos pueden ayudar al tirador, es fundamental realizar las pruebas prácticas para verificar el funcionamiento de un proyectil u otro.

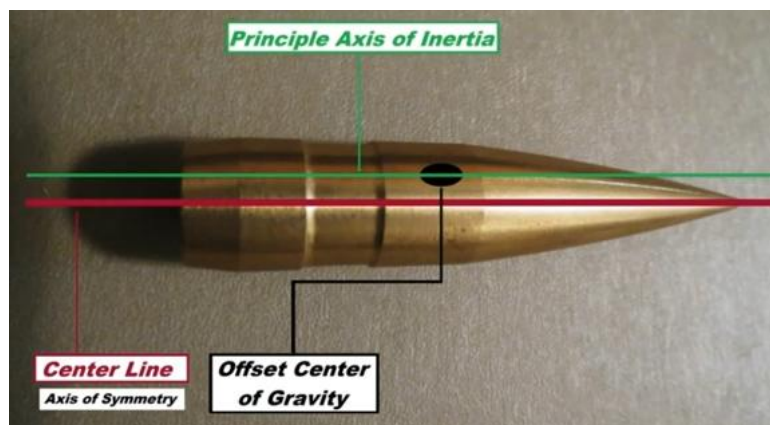
16.3.6.3. Problemas de balance del proyectil

****SNIPER 101 Part 68 - Bullet Balance Issues EXPLAINED!****

Anteriormente se trató el tema del porqué es necesario aplicarle al proyectil un movimiento rotacional para evitar que el mismo tumbe y como calcular matemáticamente que tan estable es un proyectil dado, disparado con un cañón con cierto pase de estrías. En esta sección se explicarán algunos de los inconvenientes relacionados con el movimiento rotacional del proyectil que potencialmente se podrían generar a causa de defectos en los mismos.

➤ Proyectil estáticamente desbalanceado

Esto ocurre cuando los defectos del proyectil provocan que el eje de simetría (eje longitudinal) y el eje de inercia (eje de rotación) no coincidan; esto ocurre principalmente porque el centro de gravedad no está en el eje de simetría (aclaración: en la imagen está exagerado para que se



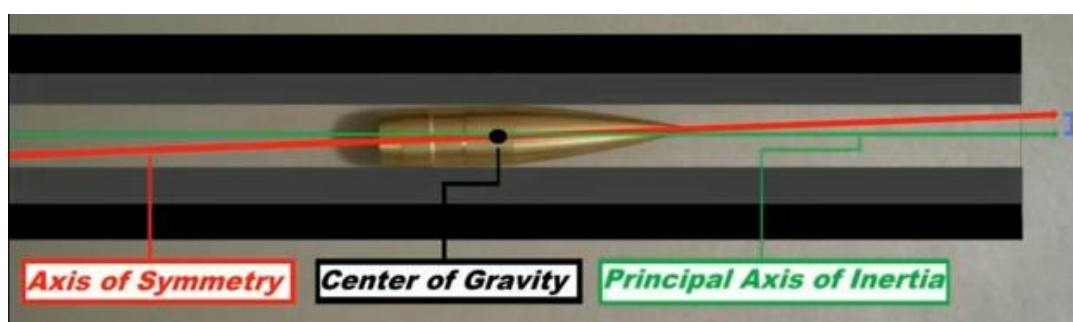
pueda ver más fácilmente). El cambio en el centro de gravedad suele suceder por diferencias en la densidad del proyectil: burbujas en el plomo, la camisa más gruesa de un lado que del otro, proyectil deformado, etc.

La realidad es que todos los proyectiles están desbalanceados aunque sea a nivel microscópico, pero algunos más que otros. Los

proyectiles que están muy desbalanceados pueden provocar desvío en el disparo hacia el lado que el centro de gravedad estaba momentos antes de salir del cañón. Hay que tomar en cuenta aquí que cuanto mayor sea el movimiento rotacional (pase de estrías más rápido, o mayor velocidad inicial), mayor será el desvío provocado por el desbalance del proyectil.

➤ Salto aerodinámico y proyectil dinámicamente desbalanceado

Esto ocurre cuando un proyectil dinámicamente desbalanceado deja la boca del cañón con su eje de simetría no paralelo con respecto al eje longitudinal del cañón. Esto puede ocurrir por más que el centro de gravedad esté en el eje de simetría del proyectil. Esto provoca que el eje de inercia no coincida con el eje de simetría.



16.3.6.4. Revoluciones por minuto y Sobre-Estabilización

SNIPER 101 Part 69 - Bullet RPM & Overstabilization

La velocidad de giro del proyectil en vuelo, en un cañón típico con un pase de 1:10, con una velocidad de 3 veces la velocidad del sonido (Mach 3), sobrepasa fácilmente las 200.000 RPM. La fórmula para el cálculo de revoluciones por minuto es la siguiente:

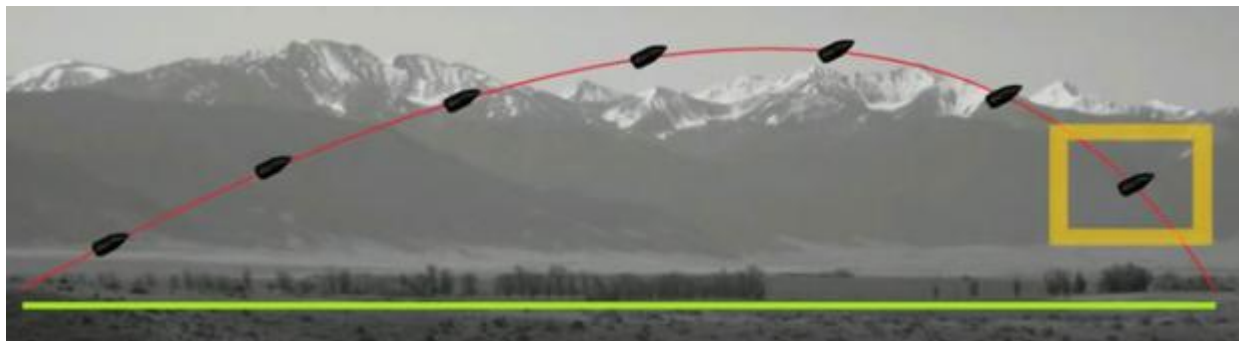
$$Velocidad de giro en RPM = \left(\frac{12}{T} \times V\right) \times 60$$

Donde

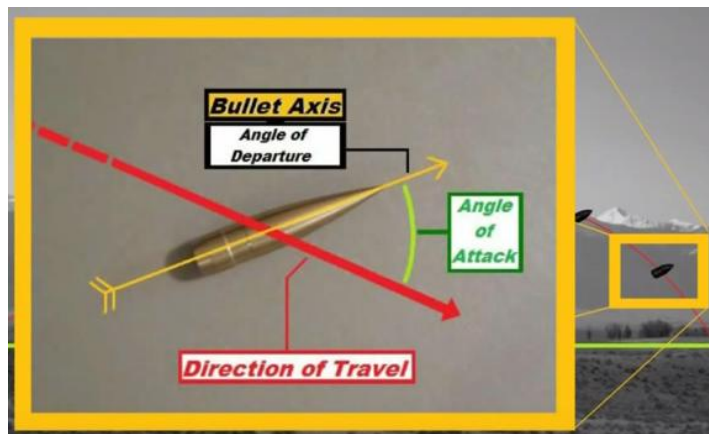
- V es la velocidad del proyectil en fps
- T es el pase de estrías en pulgadas.

Si bien no es común, algo que pueda pasar es que el proyectil tenga una falla estructural debido a velocidad extrema de giro, en casos donde la velocidad inicial sea muy elevada (y por lo tanto la velocidad de giro) y se fragmente. Esto es más común en fusiles para control de alimañas, donde se disparan balas muy livianas a velocidades extremas.

El efecto principal que se debe tener en cuenta para D.D.Ext. es por sobre-estabilización del proyectil. Cuando se realiza un disparo a distancias extremas, es probable que el ángulo de salida del proyectil sea realmente elevado (cerca de los 60 MOAs o más) comparado con disparos a distancias “estándar”.



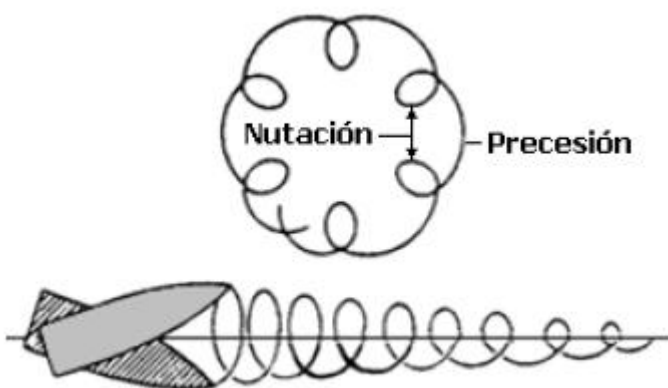
El problema de la sobre-estabilización radica en que la gran rigidez del eje de giro por el efecto giroscópico evita que el eje se mantenga cercano a la tangente a la trayectoria. Esto provoca entre otras cosas un aumento de la resistencia del aire, por lo que la velocidad del proyectil desciende más rápidamente. Hay otros efectos que se verán en las secciones siguientes.



16.3.6.5. Estabilidad aerodinámica

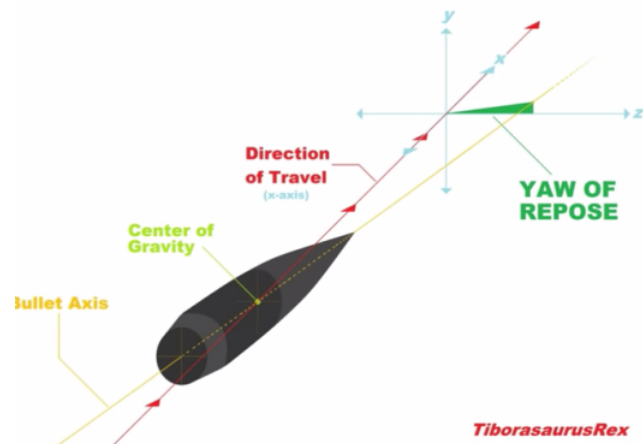
SNIPER 101 Part 70 - Aerodynamic Stability

En realidad, cualquier proyectil que se utilice tendrá un cierto grado de imperfección; ningún proyectil será perfectamente simétrico, con densidad uniforme, con su camisa de exactamente el mismo espesor en todo su contorno, por lo que ningún proyectil será estrictamente hablando, estáticamente estable. Como resultado el proyectil siempre tendrá cierto grado de “guiñada” (yaw en inglés), que significa que el eje de giro (o inercia) no coincide con el eje de simetría.



Si se siguiera el movimiento de la punta del proyectil luego de abandonar el cañón, se podría apreciar que esta realiza un movimiento circular, acompañado de “rulos”. Estos movimientos causados por efecto giroscópico son llamados precesión (el circular) y nutación (los “rulos”). Luego de un tiempo en el aire, este efecto es amortiguado por efectos aerodinámicos; en este punto es que se dice que el proyectil está dinámicamente estable.

Luego de estabilizado dinámicamente, el eje de giro del proyectil queda formando un ángulo con la dirección de desplazamiento hacia el lado de giro del proyectil (esto es por efecto giroscópico, y se explica en la siguiente sección). Este ángulo es llamado yaw of repose (que traducido sería algo así como “guiñada de reposo”). Cabe destacar que el centro de gravedad es el punto que se toma como referencia para analizar el desplazamiento del proyectil.



Otro término que es necesario conocer es el “Factor de Docilidad” (*Tractability Factor*): es la capacidad del proyectil de mantener su eje axial siguiendo la trayectoria de movimiento. Un proyectil que un factor de docilidad adecuado, siempre estará apuntando hacia donde se desplaza, sobre todo en la rama descendente de la trayectoria. El factor de docilidad es inversamente proporcional a la rigidez giroscópica, por lo que cuanto mayor sea la rigidez giroscópica, menor docilidad tendrá el proyectil.

16.3.6.6. Efecto Magnus y deriva por giro del proyectil (*Spin Drift*) (#)

****SNIPER 101 Part 71 - Magnus Effect & Spin Drift****

IMPORTANTE:

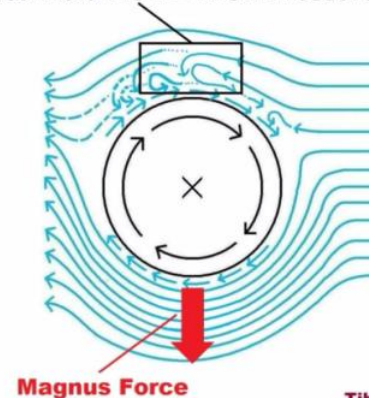
Esta sección se aleja un poco de lo expuesto en el video ya que con el mismo queda la idea que el efecto magnus es el único efecto que causa el *yaw of repose*, pero realmente con los ángulos de estos disparos, el movimiento giroscópico es el predominante hacia derecha, mientras que magnus empuja hacia la izquierda.

Esta sección es una mezcla de lo expuesto en el video y datos obtenidos del libro de *Fundamentos de Balística - Ing. Agustín. E. Gonzalez Morales*.

Existen dos fuerzas generadas por efectos causados por la rotación del proyectil que pueden causar cambios en el punto de impacto (sobre todo en deriva). Estas fuerzas son causadas por el Efecto Magnus y la Movimiento Giroscópico.

El efecto Magnus es causado por diferencias de presiones provocadas por el flujo de aire alrededor de un objeto en rotación. Suponer un cilindro en rotación que se desplaza hacia una dirección (por lo que el flujo de aire es

Decreased Fluid Flow = HIGH Pressure



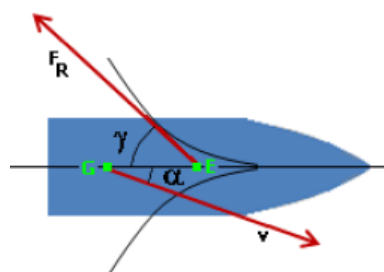
en la dirección contraria) con el eje perpendicular a su desplazamiento. De un lado del cilindro el aire fluirá más rápido acompañando la rotación del mismo, mientras que del otro el flujo será menor. Por el principio de Bernoulli, la presión del lado que el flujo es más lento será mayor, por lo que el cilindro sufrirá un empuje hacia la dirección de menor presión.

Cuando el proyectil está en movimiento, por más que esté estabilizado, lo normal es que el centro de presión esté por arriba de la trayectoria (sobre todo en el tramo descendente de la misma), por lo que una de las componente del flujo de aire que el proyectil atraviesa lo empuja desde abajo (por más que el aire estuviera inmóvil, el aire fluye a su alrededor a medida que el proyectil se desplaza por el mismo), por lo tanto un proyectil que gira hacia derecha (sentido horario visto desde la base) experimenta un empuje por efecto Magnus hacia la izquierda en su centro de presión.

Por otro lado, los vientos cruzados provocan que el efecto Magnus empuje hacia abajo el centro de presión (estabilizando) si el viento sopla desde la derecha, o hacia arriba (desestabilizando) si sopla desde la izquierda siempre hablando de un proyectil que gira a derechas. El efecto vertical es extremadamente chico comparado con el efecto de deriva.



El movimiento giroscópico o fuerza giroscópica es el segundo de los efectos provocados por la rotación de un objeto, luego de la rigidez del eje de giro. Cuando una fuerza incide en un cuerpo en rotación de forma perpendicular al eje de rotación, la dirección de la fuerza cambia en 90° en dirección del giro. Como el centro de presión está normalmente por encima de la trayectoria del proyectil, la fuerza de rozamiento con el aire empuja el mismo hacia arriba, por lo que en un proyectil que gira hacia la derecha, experimenta una fuerza giroscópica hacia la derecha (su centro de presión).



Como el efecto Magnus depende del ángulo entre la dirección del movimiento y el eje de rotación (a mayor ángulo mayor es el efecto), la fuerza giroscópica (fuerza hacia la derecha en proyectil que gira hacia la derecha) prevalece con respecto al efecto Magnus (fuerza hacia izquierda en proyectil que gira hacia la derecha) en ángulos de disparos realizados con armas portátiles. El efecto Magnus prevalece en disparos con ángulos mucho mayores, como los existentes en disparos con cañones navales a grandes distancias.

La fuerza de ambos efectos es aplicada en el centro de presión y no sobre el centro de gravedad, por lo que estas fuerzas son las que causan el yaw of repose (ver sección anterior), que contribuye a que la deriva sea hacia la derecha en proyectiles que giran hacia la derecha.

Existe un tercer efecto (*Efecto Poisson*) de muchísima menor incidencia que se da sobre todo en el tramo descendente cuando el proyectil cae de panza, y sucede que el proyectil “rueda sobre el colchón de aire” por lo que este desvío también es hacia derecha con un proyectil que gira a derecha.

En síntesis: en D.D.Ext. la deriva por rotación del proyectil, va a ser a derecha con proyectiles que giran a derecha, o a izquierda con proyectiles que giran a izquierda.

Se puede calcular la magnitud del desvío de deriva con la siguiente fórmula:

$$\text{Deriva por rotación (en pulgadas)} = 1.25 \times (Sg + 1.2) \times tof^{1.83}$$

Donde:

- Sg = Factor de Estabilidad de Miller (ver sección 16.3.6.2).
- tof = Tiempo de vuelo (*time of flight*).

Luego se puede calcular la deriva utilizando un sistema angular (en MOAs o MRADs).

Viendo la fórmula se puede observar que con un proyectil con un factor de estabilidad más alto (mayor velocidad de giro, mayor peso, etc), mayor será la deriva por rotación para un mismo tiempo de vuelo.

JBM Ballistics tiene una función para generar tabla de trayectoria que incluye deriva por rotación del proyectil en la deriva por viento.

Tener cuidado con esto último ya que si se crea una tabla para cierta velocidad del viento y se multiplica al utilizarla, se estaría multiplicando la deriva por rotación. Para sacar solo el valor de deriva de rotación utilizar velocidad de viento 0.

16.3.6.7. Corrección de deriva por giro del proyectil de manera fácil

****SNIPER 101 Part 72 - Spin Drift Corrections MADE EASY!****

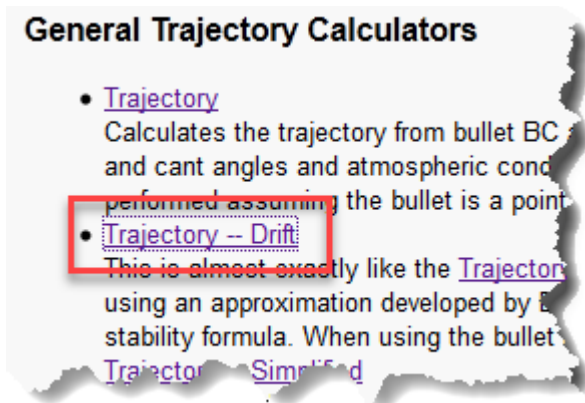
Existen varias formas de obtener la corrección de deriva por rotación del proyectil, una es utilizar la fórmula de la sección anterior, con los distintos tiempos de vuelo del proyectil (obtenidos de un programa balístico) junto con el factor de estabilidad de Miller. Esto se puede hacer relativamente fácil con una planilla de cálculo (como Excel).

Target	0°F	2629	50°F	2678	100°F	2830
RANGE (m)	Spin Drift (MRAD) (in)		Spin Drift (MRAD) (in)		Spin Drift (MRAD) (in)	
100	0	0,1	0,0	0,1	0	0,1
200	0	0,3	0,0	0,4	0	0,3
300	0,1	0,8	0,1	0,8	0,1	0,7
400	0,1	1,4	0,1	1,4	0,1	1,3
500	0,1	2,2	0,1	2,2	0,1	2,1
600	0,1	3,2	0,1	3,2	0,1	3
700	0,2	4,5	0,2	4,5	0,2	4,2
800	0,2	6,1	0,2	6,1	0,2	5,7
900	0,2	8,1	0,2	8,0	0,2	7,4
1000	0,3	10,5	0,3	10,3	0,2	9,5
1100	0,3	13,4	0,3	13,0	0,3	11,9
1200	0,4	16,8	0,3	16,2	0,3	14,7
1300	0,4	20,9	0,4	20,0	0,4	18
1400	0,5	25,6	0,4	24,3	0,4	21,8
1500	0,5	31,1	0,5	29,4	0,4	26,2
1600	####	####	0,6	35,1	0,5	31,2
1700	####	####	####	####	0,6	36,9
1800	####	####	####	####	0,6	43,2

Recordar que la idea es tener una tabla como la de la izquierda al terminar de calcular, con las correcciones para distintas temperaturas y distintas distancias. Las correcciones para distancias donde la velocidad se vuelve subsonica son eliminadas ya que sobrepasan la distancia máxima efectiva.

La siguiente explicación no aparece en el video, fue agregada para este documento.

Tal vez la forma más fácil es utilizar el JBM Ballistic para calcular estos datos.



Luego de entrar en la opción de *Trajectory--Drift*, los datos a ingresar serán similares a los encontrados en el formulario de trayectoria “común” visto en la sección 16.3.4., salvo algunos datos extras necesarios para poder calcular la deriva por rotación de proyectil (spin drift). Como en el caso de la sección 16.3.4, para cada columna de distinta temperatura hay que ingresar un juego de datos en el formulario del JBM Ballistics, donde los datos atmosféricos coincidan con los de la tabla que se esté construyendo. Es

recomendable crear esta tabla luego de creada la tabla balística, para que no haya confusiones.

El primer par de datos que solo están en este formulario son el largo del proyectil y el largo de la punta de plástico si lo tiene (recordar las marcas de [?] para ver la ayuda).

Bullet Length (0.100 to 4.000 in) [1.5] [?]

 in

Plastic Tip Length (0.000 to 4.000 in) [0.0] [?]

 in

El siguiente par de datos corresponde al pase de estrías y la dirección de giro (recordar que a la derecha es en sentido horario desde la perspectiva del tirador).

Barrel Twist (2.0 to 100.0 in) [12.0] [?]

 in

Twist Direction [?]

Por último hay que marcar la casilla de verificación para incluir los datos de deriva por rotación.

☒ Elevation Correction for Zero Range [\[?\]](#)
☐ Windage Correction for Zero Range [\[?\]](#)

☒ Ranges in Meters [\[?\]](#)
☐ Target Relative Drops [\[?\]](#)

☐ Zero at Max. Point Blank Range [\[?\]](#)
☒ Mark Sound Barrier Crossing [\[?\]](#)

☐ Include Extra Rows [\[?\]](#)
☐ Round Output to Whole Numbers [\[?\]](#)

☒ Include Spin Drift [\[?\]](#)
☐ Include Danger Space [\[?\]](#)

Antes de terminar con el cálculo, dado que lo que se busca es solo obtener la deriva por rotación, hay que ingresar velocidad del viento “0”, ya que la corrección por rotación es devuelta junto con los cálculos de deriva por viento.

Wind Speed (0.0 to 100.0 mph) [\[?\]](#)

El resultado es como el siguiente:

Calculated Table										
Range	Drop	Drop	Windage	Windage	Velocity	Mach	Energy	Time	Lead	Lead
(m)	(in)	(MOA)	(in)	(MOA)	(ft/s)	(none)	(ft·lbs)	(s)	(in)	(MOA)
0	-1.5	***	0.0	***	2837.3	2.541	3002.5	0.000	0.0	***
100	-0.0	-0.0	0.1	0.1	2604.1	2.333	2529.3	0.121	21.2	18.6
200	-4.6	-2.0	0.3	0.1	2382.7	2.134	2117.4	0.252	44.4	19.4
300	-16.6	-4.8	0.6	0.2	2172.1	1.946	1759.7	0.397	69.8	20.3
400	-37.5	-8.2	1.1	0.2	1972.3	1.767	1450.9	0.555	97.7	21.3
500	-69.0	-12.1	1.8	0.3	1784.3	1.598	1187.5	0.730	128.5	22.4
600	-113.7	-16.5	2.8	0.4	1609.7	1.442	966.4	0.924	162.6	23.7
700	-174.5	-21.8	4.1	0.5	1450.7	1.299	784.9	1.139	200.4	25.0
800	-255.0	-27.8	5.8	0.6	1310.5	1.174	640.6	1.377	242.3	26.4
900	-359.9	-34.9	7.9	0.8	1192.9	1.068	530.7	1.640	288.6	28.0
1000	-494.0	-43.1	10.6	0.9	1100.9	0.986	452.0	1.926	339.1	29.6

De la tabla anterior se pueden obtener los valores de deriva (recordar que se pueden cambiar las unidades de los valores de las columnas) para poder completar la tabla de la sección 16.3.4.

16.3.6.8. Efecto de Coriolis en proyectiles de fusil (#)

****SNIPER 101 Part 73 - Coriolis Effects on Rifle Bullets****

****SNIPER 101 Part 74 - Coriolis Drift (Questions Answered)****

El Efecto de Coriolis es el efecto (fuerza aparente) que se observa en un objeto en movimiento en un sistema de referencia en rotación.

El efecto de Coriolis, provoca un cambio en el punto de impacto, tanto vertical como horizontal y depende en qué hemisferio está el tirador y hacia qué dirección se realiza el disparo. Como en casos anteriores lo que se quiere obtener es una tabla con las correcciones (en este caso MRADs) para cada distancia. Notar que hay corrección vertical y horizontal. Esta corrección es mínima y solo valdrá la pena tomarla en cuenta en casos concretos. Como se ve en la tabla de ejemplo, la corrección a 1100m ronda los 0.1 MRADs (aproximadamente 10 cm).

Coriolis MRAD						
E=V^ W=V V N=H> S						
Target	0° F	2559.0	60° F	2610.0	100° F	2730.0
RANGE (m)	Coriolis Drift		Coriolis Drift		Coriolis Drift	
	Vert	Horiz	Vert	Horiz	Vert	Horiz
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
400	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
500	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
600	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03
700	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04
800	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06
900	0.07	0.08	0.06	0.08	0.06	0.07
1000	0.08	0.11	0.08	0.10	0.07	0.09
1100	0.09	0.13	0.09	0.12	0.08	0.11
1200	0.11	0.16	0.10	0.15	0.09	0.14
1300	0.13	0.20	0.12	0.18	0.10	0.17
1400	0.14	0.23	0.13	0.22	0.12	0.20

Se muestra a continuación cómo afecta los disparos el Efecto de Coriolis y en qué condiciones y luego se explicará de forma muy superficial porque sucede de esa manera, con la intención principal de ayudar a recordar el comportamiento.

Desvío por Efecto de Coriolis

- La magnitud depende de la latitud del tirador
- Desvío horizontal:
 - En el hemisferio norte, siempre desvía hacia la derecha.
 - En el hemisferio sur, siempre desvía hacia la izquierda.
 - A mayor latitud (hacia los polos), mayor desvío.
- Desvío vertical:
 - Disparo hacia el norte o sur: Sin desvío
 - Disparo hacia el este: Desvía hacia arriba (sin importar hemisferio)
 - Disparo hacia el oeste: Desvía hacia abajo (sin importar hemisferio)
 - A menor latitud (hacia el Ecuador), mayor desvío.

A continuación se muestran las fórmulas para calcular el desvío por Efecto Coriolis. Cabe destacar que son una aproximación al desvío real (para artillería se utilizan fórmulas mucho más complejas):

$$\text{Desvío horizontal} = \Omega \times \text{dist} \times \sin(\text{Lat}) \times \text{tof}$$

$$\text{Desvío vertical} = \Omega \times \text{dist} \times \cos(\text{Lat}) \times \sin(\text{Azimuth}) \times \text{tof}$$

Donde:

- $\Omega = 0.00007292$ rad/s (rotación angular de la tierra).
- dist: es la distancia al objetivo
- Lat: es la latitud (en Grados Sexagesimales)
- Azimuth: dirección del disparo (N es 0°, E es 90°, S es 180°, W es 270°)
- tof: tiempo de vuelo (*time of flight*)
- El resultado es en la misma unidad de la distancia al blanco.

Si el resultado se quiere en MOAs o MRADs:

$$\text{Desvío horizontal} = \arctan(\Omega \times \sin(\text{Lat}) \times \text{tof}) \times \lambda$$

$$\text{Desvío vertical} = \arctan(\Omega \times \cos(\text{Lat}) \times \sin(\text{Azimuth}) \times \text{tof}) \times \lambda$$

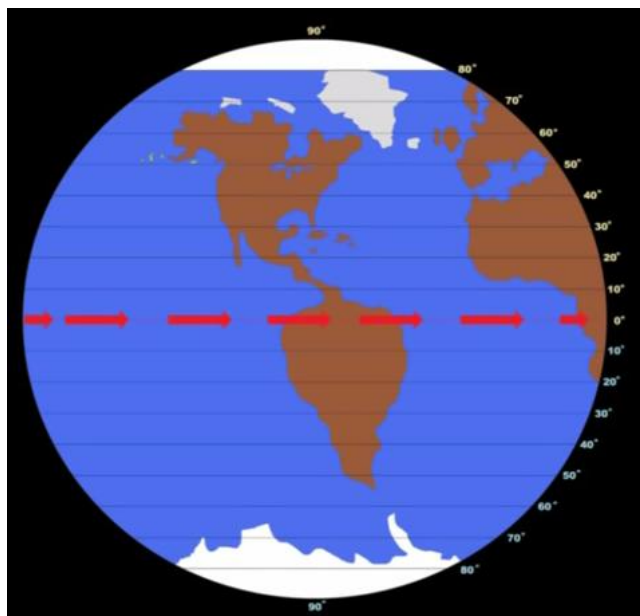
Donde:

- λ es 60 para MOAs (con la calculadora en modo grados) y 1000 para MRADs (con la calculadora en modo radianes; en este caso recordar convertir la Latitud y el azimuth a radianes).

Para entender porque afecta a los disparos de esta manera, hay que tener en cuenta varias cosas y una de ellas es la **Primera ley de Newton** (Ley de inercia o Ley de movimiento):

“Un objeto permanecerá en reposo o con movimiento uniforme rectilíneo a menos que actúe sobre él una fuerza externa”.

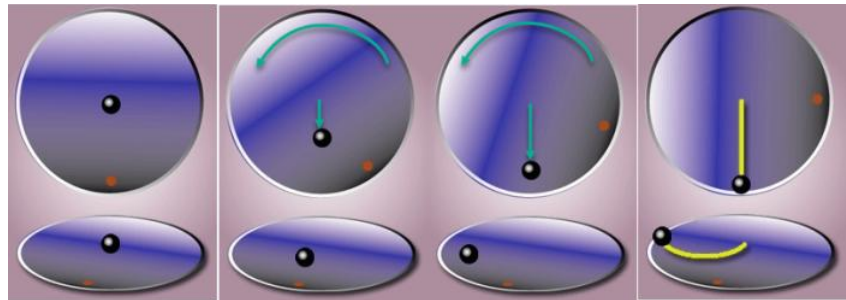
Otra cosa que hay que tomar en cuenta es como la tierra se mueve. Si bien la velocidad angular de la tierra es constante (un giro completo cada 24 horas), la velocidad tangencial (velocidad “lineal”) en cada punto de la tierra es distinta, dependiendo de la latitud, de forma que cuanto más hacia los polos menor es la velocidad, mientras que cuanto más cerca del ecuador mayor es la velocidad tangencial.



Con respecto al **desvío horizontal**, cuando se realiza un disparo y el proyectil abandona el cañón, abandona también la superficie de la tierra, pero con una componente de la velocidad igual en dirección y módulo a la velocidad que tenía antes de abandonar el cañón; si el disparo fue realizado en el hemisferio sur, apuntando hacia el norte, la

componente de esa velocidad será menor que la velocidad del blanco que está más cerca del ecuador, por lo tanto el impacto será a la izquierda (el blanco se mueve más rápido a la derecha que el proyectil). Si el disparo se realiza hacia el sur, la velocidad de la componente será mayor que la del blanco que aún está en la superficie terrestre, por lo que el impacto también será a la izquierda (la velocidad del proyectil hacia la izquierda será mayor que la del blanco). De igual forma en el hemisferio norte los disparos se ven desviados hacia la derecha.

Cuando el disparo se realiza en dirección norte o sur, sigue desviando hacia la derecha en hemisferio norte e izquierda en hemisferio sur. Esto se debe a que si bien el proyectil no tiene desvío horizontal --ignorando por un momento el rozamiento con



el aire y el spin drift--, con respecto a un marco de referencia “exterior” al planeta Tierra, con respecto a este, la trayectoria del componente horizontal es curva (hacia derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur).

Con respecto al **desvío vertical** existen dos causas que afectan el punto de impacto. La primer causa (explicada en el video) es que cuando el disparo se realiza hacia el este (sin importar hemisferio), el objetivo se aleja y se “hunde” en el horizonte, por lo que el disparo impactará alto. Por otro lado si el disparo se realiza hacia el oeste, el objetivo se acercará y “ascenderá” desde el horizonte, por lo que el disparo impactará bajo. La segunda causa es llamada Efecto Eötvös, y se refiere a un cambio en el efecto de gravedad percibida por la acción de la fuerza centrífuga. Un objeto que viaja hacia el este, suma a su velocidad la velocidad tangencial de la Tierra (en el ecuador, son aproximadamente 460 m/s, mientras que hacia los polos disminuye). Al moverse más rápido, aumenta la fuerza centrífuga y por lo tanto cae menos (impacta más arriba). Cuando un objeto viaja hacia el oeste, su velocidad disminuye (siempre con respecto a un marco de referencia externo) por lo que va a tener menos fuerza centrífuga y caerá más (impacta más abajo). Cuando el disparo se realiza hacia el norte o hacia el sur no hay desvío vertical.

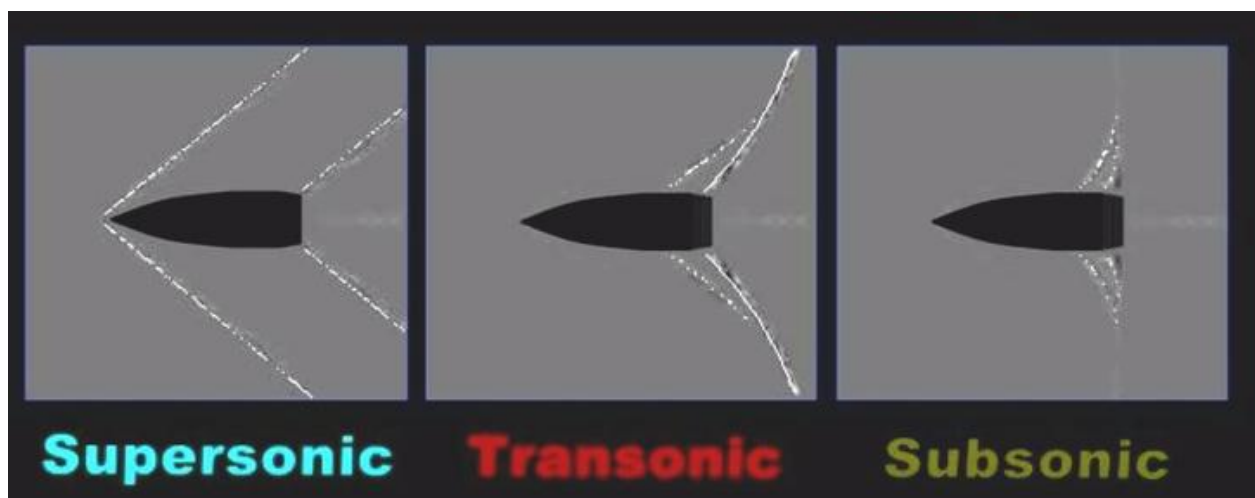
<u>Fórmula de Coriolis (componente horizontal)</u>	<u>Fórmula de Eötvös (componente vertical)</u>
$a = 2w \cdot v \cdot \sin(\text{lat})$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a: aceleración • w: rotación de la tierra • v: velocidad del objeto • lat= latitud 	<p>Solamente para disparos hacia el este u oeste:</p> $a = 2 \cdot w \cdot v \cdot \cos(\text{lat})$ <p>Para cualquier dirección:</p> $a = 2 \cdot w \cdot v \cdot \cos(\text{lat}) \cdot \sin(\text{azimuth})$ $\text{dist} = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow$

$\text{dist} = (\frac{1}{2}) * a * t^2 \Rightarrow$ $\text{corHor} = (2w * v * \sin(\text{lat}) * t^2) / 2$ $\text{corHor} = w * v * \sin(\text{lat}) * t^2$ $v = \text{dist} / t \Rightarrow$ $\text{corHor} = w * \text{dist} * \sin(\text{lat}) * t$ $t = \text{dist} / v \Rightarrow$ $\text{corHor} = (w * \text{dist} * \sin(\text{lat}) * \text{dist}) / v =$ $(w * \text{dist}^2 * \sin(\text{lat})) / v \text{ [Coincide con la ecuación del video]}$	$\text{corVer} = (2 * w * v * \cos(\text{lat}) * t^2 * \sin(\text{azimuth})) / 2$ $\text{corVer} = w * v * \cos(\text{lat}) * t^2 * \sin(\text{azimuth})$ $v = \text{dist} / t \Rightarrow$ $\text{corVer} = w * \text{dist} * \cos(\text{lat}) * \sin(\text{azimuth}) * t$
--	---

16.3.6.9. Zona transónica y distancia máxima efectiva

****SNIPER 101 Part 75 - The TRANSONIC ZONE & Maximum Effective Range****

Como se vio anteriormente, el proyectil pierde velocidad por acción del aire a medida que avanza hacia el blanco. La zona transónica es una zona intermedia donde el proyectil pasa desde velocidad supersónica para luego pasar a velocidad subsónica. Esta zona se encuentra entre Mach 1.2 y Mach 0.8 (siendo *Mach 1* la velocidad del sonido; velocidades mayores a Mach 1.2 supersónico y menores a Mach 0.8 subsónico) . Cuando el proyectil entra en la zona transónica experimenta una serie de cambios en la onda de choque que desestabiliza el proyectil; cuanto menor sea la docilidad del proyectil (capacidad de mantener el eje de rotación cercano a la tangente de la trayectoria) mayor será el efecto desestabilizante. Todo esto provoca que el proyectil se vea desviado, impidiendo de esta manera poder predecir la trayectoria luego de este punto.



Por lo tanto, la distancia máxima efectiva, es la distancia a la cual el proyectil pasa a velocidad transónica.

Hay varias cosas que se pueden realizar para aumentar la distancia máxima efectiva:

- Utilizar proyectiles aerodinámicamente eficientes (con gran coeficiente balístico). De esta manera el proyectil no perderá velocidad tan rápido.
- Aumentar la velocidad inicial
- Realizar el disparo desde mayor altura para que el aire sea menos denso.
- Conseguir un vuelo balanceado del proyectil.

Con respecto a conseguir un vuelo balanceado hay mucha controversia y muchas teorías al respecto.

Una de las ideas es obtener un valor de estabilidad (factor de estabilidad de Miller, etc) lo más alto posible, para que cuando el proyectil llegue a la zona transónica, la alta estabilidad minimice los efectos del cambio en las ondas de choque. El problema es que a mayor estabilidad, menor será la docilidad del proyectil, por lo que cuando llegue a la zona transónica, el mismo no estará apuntando hacia donde se desplaza, lo que aumentaría los efectos desestabilizantes provocados por el cambio en las ondas de choque.

Otra idea es bajar la estabilidad estática (factor de estabilidad) lo suficiente para que el proyectil tenga una docilidad adecuada (que el proyectil apunte hacia donde se desplaza) y mejor estabilidad dinámica. No se puede bajar demasiado la estabilidad estática porque el proyectil podría tumbar.

16.3.6.10. Funciones de arrastre G1 vs G7 y coeficientes balísticos

SNIPER 101 Part 76 - G1 vs G7 Drag Functions & Ballistic Coefficients

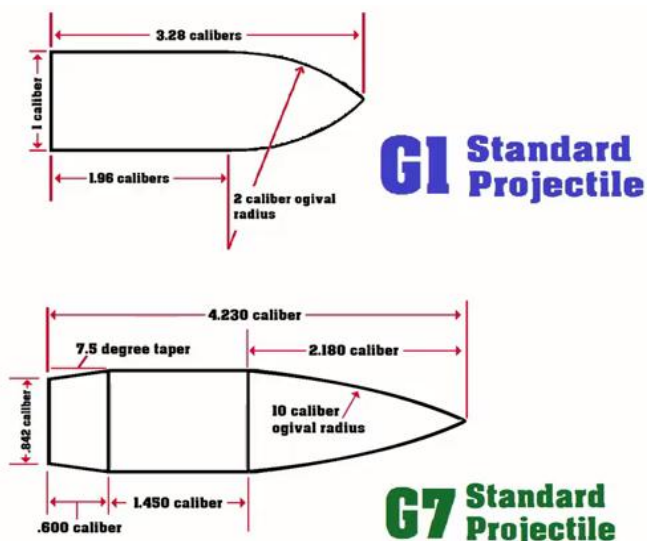
Como se vio en capítulos anteriores, siempre es deseable elegir proyectiles con el mayor coeficiente balístico posible, y se dio la idea general de que el coeficiente balístico representa la habilidad de un proyectil para superar la resistencia del aire.

Cuando un objeto se desplaza a través del aire, este experimenta una fuerza contraria al desplazamiento llamada fuerza de rozamiento, o arrastre. La forma de cuantificar esta fuerza de rozamiento es utilizando el llamado coeficiente de arrastre (*Drag Coefficient*). Este coeficiente depende de varios factores como, densidad del aire, del área de la sección del proyectil, como también de la velocidad y de la masa del mismo.

El coeficiente balístico se calcula tomando en cuenta --entre otras cosas-- el cociente entre el coeficiente de arrastre del proyectil a medir con el coeficiente de arrastre de un proyectil de referencia modelo. Por lo tanto el coeficiente balístico es un número comparativo con un

proyectoril de forma predeterminada, siendo los modelos G1 y G7 los más utilizados. Los programas balísticos utilizan internamente una función de arrastre por cada tipo de modelo de proyectil, por lo que utilizando el coeficiente balístico, pueden obtener el valor de arrastre para predecir la trayectoria del proyectil.

Hay que tomar en cuenta que la gran mayoría de fabricantes utilizan el modelo G1, tal vez por varias razones, como puede ser por costumbre de los usuarios o por un tema comercial dado que para un mismo proyectil, el coeficiente balístico es mayor para el modelo G1 que para el G7. Siempre es deseable utilizar el modelo que más cercano esté del proyectil a utilizar, aunque las diferencias entre soluciones de utilizar uno y otro pueden ser relativamente pequeñas.



JBM Drop Results for .308 Winchester, 168 grain Berger VLD @ 2650 fps, ID MET/ENV

Results G1 B.C. = 532

Range (m)	Drop (MOA)	Windage (MOA)	Velocity (ft/s)
0	***	***	2650.0
50	0.1	0.3	2557.2
100	-0.0	0.7	2466.2
150	-1.0	1.1	2377.1
200	-2.3	1.4	2289.9
250	-3.8	1.8	2204.4
300	-5.4	2.2	2120.7
350	-7.2	2.7	2038.8
400	-9.0	3.1	1958.8
450	-11.0	3.6	1880.8
500	-13.0	4.0	1804.9
550	-15.2	4.5	1731.1
600	-17.6	5.1	1659.7
650	-20.1	5.6	1590.8
700	-22.7	6.1	1524.5
750	-25.5	6.7	1461.1
800	-28.5	7.3	1400.8
850	-31.7	7.9	1343.8
900	-35.1	8.6	1290.5
950	-38.7	9.2	1241.0
1000	-42.6	9.9	

Results G7 B.C. = .272

Range (m)	Drop (MOA)	Windage (MOA)	Velocity (ft/s)
0	***	***	2650.0
50	0.1	0.3	2558.7
100	-0.0	0.7	2469.1
150	-1.0	1.0	2381.2
200	-2.3	1.4	2295.2
250	-3.8	1.8	2211.1
300	-5.4	2.2	2128.8
350	-7.1	2.6	2048.4
400	-8.9	3.1	1969.6
450	-10.9	3.5	1892.4
500	-13.0	4.0	1816.7
550	-15.1	4.5	1742.3
600	-17.5	5.0	1669.3
650	-19.9	5.5	1597.6
700	-22.5	6.0	1527.3
750	-25.3	6.6	1458.4
800	-28.3	7.2	1390.9
850	-31.5	7.9	1325.1
900	-34.9	8.6	1261.0
950	-38.5	9.3	1199.1
1000	-42.4	10.0	1140.0

SAME RESULTS

Difference of 0.1 moa

SAME RESULTS

Difference of 0.1 moa

Difference of 0.2 moa

Si el fabricante no da información de un proyectil en particular, se pueden utilizar un par de cronógrafos separados a cierta distancia para tomar dos mediciones de velocidad y luego utilizarlas en un programa balístico como el JBM Ballistics que calcule coeficiente balístico. Si bien se podría utilizar el mismo cronógrafo con dos disparos distintos, hay que tomar en cuenta que la velocidad de ambos proyectiles puede ser distinta y afectar el resultado.

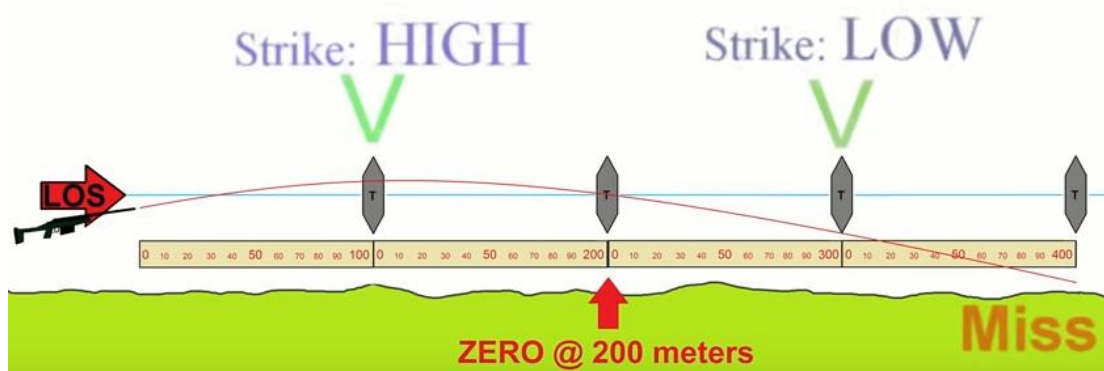
16.4. Calculando soluciones de tiro para distintas aplicaciones

SNIPER 101 Part 77 - Calculating FIRING SOLUTIONS for Various Applications of Fire

Dependiendo del tamaño del objetivo, la distancia al objetivo y las condiciones atmosféricas en el momento del disparo, hay una serie de variables que se tendrán que corregir si se desea dar en el blanco con un único primer disparo. Existen varias formas que los tiradores de precisión utilizan para abordar todas las diferentes variables para poder realizar disparos de estas características. A continuación se analizarán las distintas formas que se utilizan dependiendo de las distancias.

Corto alcance (o *Point blank range*, típicamente, entre 0 y 300 metros)

Para esto se ajusta el cero del fusil para dar en el blanco sin necesidad de ajustar la mira (*Point Blank Zero*), sin compensar caída, apuntando al medio del blanco. Solo se compensa por fuertes vientos o por movimiento del objetivo. La distancias efectivas dependen no solo de la distancia del cero real del fusil, sino también del tamaño del objetivo y la forma de la trayectoria. Esta técnica es muy utilizada por cazadores y combatientes.



Distancia media (típicamente, entre 300 y 600 metros)

En estas distancias hay suficiente caída para tener que corregir para poder dar en el blanco, pero no es necesario realizar ninguna corrección por factores atmosféricos, salvo por vientos fuertes. Si el blanco fuera demasiado pequeño o para cartuchos que no tengan buena eficiencia balística, tal vez se tengan que considerar ciertos factores extras.

Para estas distancias se suelen utilizar 5 métodos diferentes para calcular la corrección necesaria:

1. S.W.A.G. (del argot norteamericano, *Scientific wild-ass guess*)
 - Es básicamente una estimación tosca (“a ojo”) basada en la experiencia e intuición del tirador.
 - La eficacia de esta “técnica” puede variar dependiendo de la experiencia del tirador y otros factores como el tamaño del objetivo, por lo que no es recomendado utilizarla.
2. *Calculated Hold-off*
 - En este caso se utilizan cartas balísticas, pero las correcciones están expresadas en distancias lineales como cm o pulgadas en vez de unidades angulares.
 - La corrección se realiza apuntando más arriba o más abajo para compensar, de manera aproximada.
 - Se utiliza comúnmente en miras con retículos simples sin referencias, y donde las torretas de la mira es utilizada solo para la puesta a cero.
 - Este método es mucho más preciso que el anterior dado que se utiliza una carta balística, pero sigue siendo una aproximación dada la falta de referencia de distancia lineal con el objetivo.
3. BDC (*Ballistic Drop Compensation*)
 - Las miras que tienen retículo BDC, tienen varios puntos de mira, por lo que cada punto de mira tiene una distancia en donde la trayectoria del proyectil corta la línea de miras que pasa por el mismo. Ver sección 11.5.1. Para ver los distintos retículos.
 - Este tipo de retículos son mucho más fáciles y rápidos de usar que las técnicas anteriores.
 - No compensa por cambios de temperatura ni variación de velocidad inicial.
4. Tabla balística detallada
 - Esto es recomendable si el blanco es muy pequeño. Hay muchos datos resumidos para facilidad de uso. Son las tablas vistas en secciones anteriores.
 - Compensa por todos los cambios meteorológicos y variación de velocidad inicial.
5. Calculadora balística portátil
 - Son dispositivos a pila o batería, similar a una calculadora que realizan cálculos balísticos.
 - Son relativamente rápidos de usar y muy precisos si los datos de entrada también lo son.
 - No compensa por variación de velocidad inicial.
 - Existen programas balísticos para celulares/tablets que cumplen la misma función.
 - No es recomendable depender demasiado de estos dispositivos cuando se está en el campo de tiro.

Larga distancia (típicamente, entre 600 y 1000 metros)

En esta distancia, una falla en compensar correctamente por variaciones de velocidad inicial y condición atmosférica, provocaría fallar al blanco por una gran distancia. También, el desvío por giro del proyectil se vuelve un factor importante a corregir, mientras que el efecto de Coriolis se vuelve aparente.

Hay 3 formas recomendadas para obtener las soluciones de tiro para estas distancias:

1. Tablas balísticas detalladas
 - Mismo detalle que para distancia media.
2. *CalcForms*
 - Hay ciertas situaciones donde cada uno de los factores deben ser compensado por separado. Eso es lo que permiten los *CalcForms*.
 - Es efectivo hasta la distancia máxima efectiva del cartucho.
 - Los *CalcForms* se verán con mayor detalle en la siguiente sección.
3. Calculadora balística
 - Mismo detalle que para distancia media.

Distancia Extrema (típicamente, más de 1000 metros)

A esta distancia se tendrá que tener en cuenta todo lo visto en larga distancia, pero la deriva por giro del proyectil y el efecto Coriolis tienen un efecto significativo en la trayectoria del proyectil. A esta distancia, no se puede ignorar ningún factor, ya que hacerlo provocaría fallar al objetivo.

16.5. *Calc Forms* (Formulario de cálculo)

En esta sección y subsecciones se presentará como se utiliza y se construye un “*CalcForm*” o “formulario de cálculo”. Los formularios de cálculo son formularios que guía al tirador a realizar todos los cálculos necesarios para obtener la elevación y deriva necesaria a ingresar en la mira óptica, que le permiten realizar un disparo y dar en el blanco bajo ciertas condiciones (distancia, temperatura, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, ángulo de tiro, etc). A diferencia de las tablas detalladas, donde resume varios de los factores, este método toma en cuenta cada factor por separado.

Los formularios de cálculo no son un invento de Rex, sino que han utilizado en otros ámbitos. Se aclara que los formularios de Rex que se presentarán a continuación son su tercera

siguiente imagen, para 500 m, la elevación varía en -0.07 MOA por cada 10 fps que varíe la velocidad inicial. En el segundo grupo se observan ajustes de deriva.

PRIMARY FUNCTIONS										Optics Configuration: Mil Dot reticle, MOA Turret				
SIGNATED STANDARDS: .50 BMG Hornady 750 gr A-Max @ 2,815 fps, 60 deg F Ambient Temp, 27.0 in Hg, 0% Humidity														
ELEVATION ADJUSTMENTS														
60 deg F 27 in Hg 0% Humidity		AVE Barmometric Pressure Adj.		AVE Muzzle Velocity Variation Adj.		AVE Ambient Air Temp Adj.		Vertical Coriolis full value E or W	Full Humidity Adj 0-100%	TRAVERSE ADJUSTMENTS				
Range	SUPER ELV	per 1 in hg		per 10 fps		per 10 deg F				HOLD-OFF	INDEXED	Spin	Horizontal	Target
(meters)	(MOA)	(MOA)	STD DEV	(MOA)	STD DEV	(MOA)	STD DEV	(MOA)	(MOA)	Windage	Windage	Drift	Drift	per 1 ft/s
		(MOA)		(MOA)		(MOA)		(MOA)		(Mils)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(Mils)
100	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,30	0,10	0,00	0,4
200	-1,1	0,00	0,00	-0,02	0,04	-0,01	0,03	0,01	0,04	0,20	0,60	0,18	0,01	0,4
300	-3,3	-0,02	0,04	-0,04	0,05	-0,01	0,03	0,03	0,01	0,30	0,90	0,26	0,02	0,4
400	-5,7	-0,03	0,05	-0,05	0,05	-0,01	0,03	0,05	0,00	0,40	1,30	0,33	0,04	0,4
500	-8,4	-0,05	0,05	-0,07	0,04	-0,02	0,04	0,07	-0,01	0,50	1,60	0,41	0,07	0,4
600	-11,2	-0,08	0,04	-0,10	0,04	-0,04	0,05	0,10	0,00	0,60	2,00	0,49	0,10	0,4
700	-14,2	-0,11	0,03	-0,13	0,04	-0,07	0,05	0,12	0,01	0,70	2,40	0,58	0,14	0,4

Se podría obtener una solución de tiro utilizando solamente las tablas de funciones primarias y secundarias, pero el *CalcForm* ayuda a realizar el proceso correctamente.

Lo primero que se ingresa en el formulario de cálculo es la distancia real al blanco (**True Range**), lo que permite calcular la distancia real horizontal (**Actual Horizontal Range**)

FIRING SOLUTION / CALCFORM		Optical Configuration:	
by TiborasaurusRex		Reticle: MRAD	Turrets: MOA
Calculate ELEVATION Settings			
Determine TRUE RANGE $TR (m) = Target\ size\ (in) \times 25.4 / Mils$ True Range is used for atmospheric corrections	<input type="text"/> Meters	Determine Actual Horizontal Range $AHR (m) = \cos(Angle\ of\ Fire) \times TRUE\ RANGE$ AHR is used for spacial corrections and base gravitational adjustments	<input type="text"/> Meters

El siguiente conjunto de datos se cargan desde la tabla de funciones primarias, para poder tener los valores a mano. Notar que para algunos cuadros se usa la distancia real (**TR**), mientras que en otros se usa la distancia horizontal (**AHR**). La distancia real se utiliza para factores atmosféricos, mientras que la distancia horizontal para cambios por gravedad. Es decir, si se tuviera una distancia real de 500 m y una horizontal de 450 m, para la presión atmosférica se utilizará la fila de 500 m, pero para la variación de velocidad inicial se utilizará la fila de 450 m.

FIRING SOLUTION / CALCFORM						Optical Configuration:	
by TiborasaurusRex						Reticle: MRAD	Turrets: MOA
Calculate ELEVATION Settings							
Determine TRUE RANGE				Determine Actual Horizontal Range			
$TR (m) = Target\ size\ (in) \times 25.4 / Mils$ <small>True Range is used for atmospheric conditions</small>				$AHR (m) = \cos(Angle\ of\ Fire) \times TRUE\ RANGE$ <small>AHR is used for special conditions and base gravitational adjustments</small>			
Determine CORRECTION VALUES Interpolate exact values from PRIMARY FUNCTIONS:							
Barometric Pressure (use TR)	MVV / Ammo Temperature (use AHR)	Ambient Air Temp (use TR)	Vertical Coriolis (use AHR)	Humidity Adjustment (use TR)		SUPER ELEVATION (use AHR)	SUPER ELEVATION (use AHR)
						Mils	MOA

El siguiente paso es utilizar todos los valores pre-cargados para obtener el resultado final de la solución de tiro. En la parte izquierda de cada fila está la fórmula a utilizar de forma de recordatorio. Entre los cuadros para poner los datos y el título/fórmula hay un área donde se muestra un recordatorio de cómo afecta negativa o positivamente la corrección cada factor.

FIRING SOLUTION / CALCFORM						Optical Configuration:	
by TiborasaurusRex						Reticle: MRAD	Turrets: MOA
1 Calculate ELEVATION Settings							
Determine TRUE RANGE				Determine Actual Horizontal Range			
$TR (m) = Target\ size\ (in) \times 25.4 / Mils$ <small>True Range is used for atmospheric conditions</small>				$AHR (m) = \cos(Angle\ of\ Fire) \times TRUE\ RANGE$ <small>AHR is used for special conditions and base gravitational adjustments</small>			
Determine CORRECTION VALUES Interpolate exact values from PRIMARY FUNCTIONS:							
Barometric Pressure (use TR)	MVV / Ammo Temperature (use AHR)	Ambient Air Temp (use TR)	Vertical Coriolis (use AHR)	Humidity Adjustment (use TR)		2 SUPER ELEVATION (use AHR)	3 SUPER ELEVATION (use AHR)
						Mils	MOA
Correct for BAROMETRIC PRESSURE						HOLD OFF	INDEXED
$(STD\ B.P. - MEAS\ B.P.) \times Corr\ Value = Mils / MOA$ B.P. low - B.P. high +							
Correct for MVV / AMMUNITION TEMPERATURE							
$(STD\ MV - Corrected\ MV / 10) \times Corr\ Value = Mils / MOA$ Faster / Warm - Slower / Cool +							
Correct for AMBIENT AIR TEMPERATURE							
$(STD\ AIR\ TEMP - MEAS\ AIR\ TEMP / 10) \times Corr\ Value = Mils / MOA$ Warm - Cool +							
Correct for Vertical Coriolis							
$\cos(Direction\ of\ Fire) \times Corr\ Value = Mils / MOA$ Full cos value: due E or W East - West +							
Correct for Humidity							
$Measured\ Humidity\ (\%) \times Corr\ Value = Mils / MOA$ subtract (-)							
Determine FINAL Elevation Setting							
Add correction values (+ or -) to SUPER ELEVATION						FINAL ELEVATION	
						3	
						HOLD OFF	INDEXED

Correct for BAROMETRIC PRESSURE (STD B.P. - MEAS B.P.) x Corr Value = Mils / MOA	B.P. low - B.P. high +
Correct for MVV / AMMUNITION TEMPERATURE (STD MV - Corrected MV / 10) x Corr Value = Mils / MOA	Faster / Warm - Slower / Cool +
Correct for AMBIENT AIR TEMPERATURE (STD AIR TEMP - MEAS AIR TEMP / 10) x Corr Value = Mils / MOA	Warm - Cool +
Correct for Vertical Coriolis cos(Direction of Fire) x Corr Value = Mils / MOA Full cos value: due E or W	East - West +
Correct for Humidity Measured Humidity (%) x Corr Value = Mils / MOA	subtract (-)

La segunda parte del CalcForm se utiliza de igual manera que la primera pero para determinar deriva.

FIRING SOLUTION / CALCFORM		Optical Configuration:	
Calculate ELEVATION Settings Determine TRUE RANGE $TR (m) = \text{Target size (in)} \times 25.4 / \text{Mils}$ <small>True Range is used for atmospheric corrections</small>		Determine Actual Horizontal Range $AHR (m) = \cos(\text{Angle of Fire}) \times \text{TRUE RANGE}$ <small>AHR is used for special corrections and base gravitational adjustments</small>	
Determine CORRECTION VALUES Interpolate exact values from PRIMARY FUNCTIONS:			
Add correction values (+ or -) to SUPER ELEVATION Calculate TRAVERSE Settings Determine CORRECTION VALUES Interpolate exact values from PRIMARY FUNCTIONS:		FINAL ELEVATION HOLD OFF INDEXED	

Los CalcForm son costosos en cuanto al tiempo necesario para realizar los cálculos, por lo que son más adecuados para planificaciones con anticipación.

Para facilitar los cálculos de los siguientes ejemplos, se toman los valores absolutos (sin signo) de la tabla y los calculados y luego se razona en cada caso para ver si afecta negativa o positivamente el resultado final. Se puede utilizar los signos para evitar hacer esa distinción final, pero hacer esto puede dar lugar a confusión y error de cálculos. Además tanto las fórmulas como la tabla de funciones balísticas primarias debe ser consistente con los signos para dar resultados correctos.

Ejemplo de cálculo de corrección vertical

Valores estándar (o base):

- Velocidad inicial: 2815 fps
- Temperatura: 60° F
- Presión atmosférica: 27 inHg
- Humedad: 0%

- Velocidad inicial: 3000 fps
- Temperatura: 70° F
- Presión atmosférica: 26.3 inHg
- Humedad: 75%
- Azimuth: 30° (NNE).

Valores actuales:

La distancia lineal (real) es de 1200 m pero distancia horizontal es de 1000 m (equivale a un ángulo de tiro de 33.56°).

PRIMARY FUNCTIONS									
Optics Configuration: Mil Dot reticle, MOA Turrets									
DESIGNATED STANDARDS: .50 BMG Hornady 750 gr A-Max @ 2,815 fps, 60 deg F Ambient Air / Ammo Temp, 27.0 in Hg, 0% Humidity									
ELEVATION ADJUSTMENTS									
60 deg F 27 in Hg 0% Humidity	AVE Barometric Pressure Adj. per 1 in hg		AVE Muzzle Velocity Variation Adj. per 10 fps		AVE Ambient Air Temp Adj. per 10 deg F		Vertical Coriolis full value E or W	Full Humidity Adj 0-100%	
Range (meters)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(MOA)
1000	-24,3	-0,26	0,05	-0,20	0,00	-0,14	0,05	0,21	-0,05
1200	-31,9	-0,42	0,04	-0,25	0,05	-0,18	0,04	0,27	0,01

FIRING SOLUTION / CALCFORM						Optical Configuration:	
by TiborasaurusRex						Reticle: MRAD	Turrets: MOA
Calculate ELEVATION Settings							
Determine TRUE RANGE $TR (m) = Target\ size\ (in) \times 25.4 / Mils$ True Range is used for atmospheric corrections				Determine Actual Horizontal Range $AHR (m) = \cos(Angle\ of\ Fire) \times TRUE\ RANGE$ AHR is used for special corrections and basic gravitational adjustments			
Determine CORRECTION VALUES Interpolate exact values from PRIMARY FUNCTIONS:							
Barometric Pressure (use TR)	MVV / Ammo Temperature (use AHR)	Ambient Air Temp (use TR)	Vertical Coriolis (use AHR)	Humidity Adjustment (use TR)	SUPER ELEVATION (use AHR)	SUPER ELEVATION (use AHR)	
0,42	0,2	0,18	0,21	0,01		24,300	
						HOLD OFF	INDEXED
Correct for BAROMETRIC PRESSURE						B.P. low -	MOA
$(STD\ B.P. - MEAS\ B.P.) \times Corr\ Value = Mils / MOA$						B.P. high +	-0,294
Correct for MVV / AMMUNITION TEMPERATURE						Faster / Warm -	MOA
$(STD\ MV - Corrected\ MV / 10) \times Corr\ Value = Mils / MOA$						Slower / Cool +	-3,700
Correct for AMBIENT AIR TEMPERATURE						Warm -	MOA
$(STD\ AIR\ TEMP - MEAS\ AIR\ TEMP / 10) \times Corr\ Value = Mils / MOA$						Cool +	-0,180
Correct for Vertical Coriolis						East -	MOA
$\cos(Direction\ of\ Fire) \times Corr\ Value = Mils / MOA$ Full cos value: due E or W						West +	-0,182
Correct for Humidity						subtract (-)	MOA
$Measured\ Humidity\ (\%) \times Corr\ Value = Mils / MOA$							-0,008
Determine FINAL Elevation Setting						FINAL ELEVATION	MOA
$Add\ correction\ values\ (+\ or\ -) \ to\ SUPER\ ELEVATION$							19,937
						HOLD OFF	INDEXED

Cálculos de correcciones:

- Velocidad inicial: $|((2815 - 3000) / 10) * -0.2| = 3.7 \text{ MOAs (-)}$
- Temperatura: $|((60-70)/10) * -0.18| = 0.18 \text{ MOAs (-)}$
- Presión atmosférica: $|(27-26.3) * -0.42| = 0.294 \text{ MOAs (-)}$
- Coriolis vertical (Eötvös): $|\cos(30) * 0.21| = 0.182 \text{ MOAs (-)}$
- Humedad: $|(75/100) * 0.01| = 0.008 \text{ MOAs (-)}$

En todos los casos corresponde restar los valores.

Caida total: $24.3 - 3.7 - 0.18 - 0.294 - 0.182 - 0.008 = \underline{19.937 \text{ MOAs}}$

Ejemplo de cálculo de corrección horizontal

Valores estándar (o base):

- Velocidad inicial: 2815 fps
- Temperatura: 60° F
- Presión atmosférica: 27 inHg
- Humedad: 0%
- Pase de estrías: hacia la derecha (sentido horario)

- Velocidad inicial: 3000 fps
- Temperatura: 70° F
- Presión atmosférica: 26.3 inHg
- Humedad: 75%
- Azimuth: 30° (NNE).
- Promedio viento: 25 mph S
- Hemisferio: sur
- Velocidad objetivo: 5 fps hacia izquierda.

Valores actuales:

Como la dirección del disparo son 30° y el viento sopla desde el sur, el ángulo del viento es de 150°.

TRAVERSE ADJUSTMENTS					
HOLD-OFF	INDEXED	Spin	Horizontal	Target	
10mph	10mph	Spin	Coriolis	Lead	
Windage	Windage	Drift	Drift	per 1 ft/s	
(Mils)	(MOA)	(MOA)	(MOA)	(Mils)	
1,00	3,60	0,85	0,31	0,4	
1,30	4,40	1,06	0,46	0,4	

Calculate TRAVERSE Settings						HOLD OFF	INDEXED
Determine CORRECTION VALUES Interpolate exact values from PRIMARY FUNCTIONS:							
Windage	Windage	Spin	Horizontal	Target	Average		
Holdoff	INDEXED	Drift	Coriolis	Lead	Windspeed		
(use TR)	(use TR)	(use TR)	(use AHR)	(use TR)	(FFF, MAX ORD, TOT)		
1	2	3	4	5	25	TRAVERSE	TRAVERSE
1,3	4,4	1,06	0,31	0,4		Holdoff	INDEXED
						(Mils)	(MOA)
Correct for Windage Always correct "into" the wind						L or R	
Ave Windspeed / 10 x cos(Wind Angle) x Corr Value = Mils/MOA Full value from R /						(-, +)	9,53
Correct for Spin Drift						RH twist Adj. L (-)	
Correction Value = Mils / MOA Always adjust LEFT (-) for R hand twist						LH twist Adj. R (+)	-1,06
Correct for Horizontal Coriolis Independent of DOF						Northern Hemisphere Adj. L (-)	
Correction Value = Mils / MOA						Southern Hemisphere Adj. R (+)	0,31
Target Lead							
Target speed (ft/sec) x cos(Angle of travel) x Correction Value = Lead Full value L / R							-2
FINAL TRAVERSE							
							8,78
						HOLD OFF	INDEXED

Cálculos de correcciones:

- Corrección por viento:
 - Indexado: $|(25 / 10) * \cos(150^\circ) \times 4.4| = \mathbf{9.53 \text{ MOAs (+)}}$
 - Sostenido: $|(25 / 10) * \cos(150^\circ) \times 1.3| = \mathbf{2.81 \text{ MRADs (+)}}$
- Corrección por rotación del proyectil: Valor completo: **1.06 MOAs. (-)**
- Corrección por Coriolis: **0.31 MOAs (+)**
- Corrección por movimiento: $|5 * \cos(0^\circ) * 0.4| = \mathbf{2 \text{ MRADs. (-)}}$

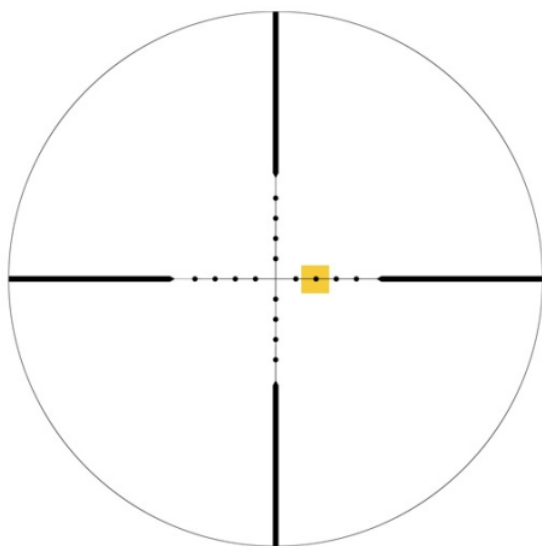
Dado que la corrección por viento se puede indexar o se puede utilizar sostenido con el retículo, existen dos posibles soluciones. Hay que tener cuidado de no compensar doble (indexando y sosteniendo). La corrección por movimiento se sostiene siempre y la corrección por rotación del proyectil y por coriolis se indexa siempre.

Solución 1:

Indexando corrección por viento:

Indexado: $9.53 - 1.06 + 0.31 = \mathbf{8.78 \text{ MOAs}}$

Sostenido: **-2 MRADs**

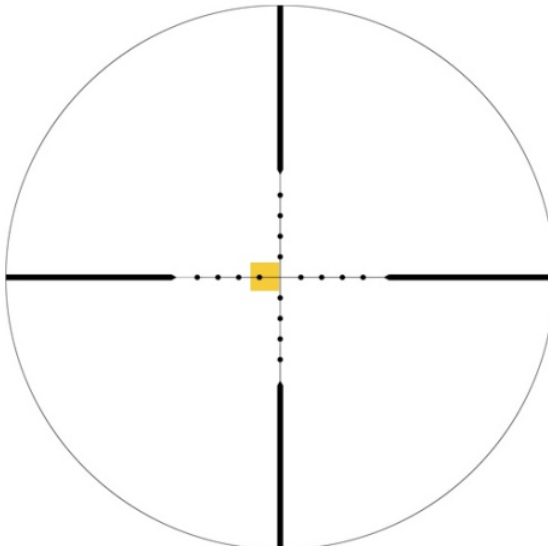


Solución 2:

No indexando corrección por viento:

Indexado: $-1.06 + 0.31 = \mathbf{-0.75 \text{ MOAs.}}$

Sostenido: $2.81 - 2 = \mathbf{0.81 \text{ MRADs}}$



Es recomendado sostener la corrección por viento y por movimiento del objetivo dado que son factores cambiantes. Sin embargo es recomendable indexar corrección por coriolis y por rotación del proyectil ya que son constantes en la solución de tiro. La recomendable sería la solución 2.

16.5.2. Tablas de funciones balísticas primarias

****SNIPER 101 Part 79 - Primary Ballistic Functions Tables HD****

Para crear la tablas de funciones balísticas primarias, lo primero que hay que hacer es elegir el template correcto dependiendo de la configuración de la mira (unidades de la torreta y el retículo). Esto se debe a que hay datos que serán indexados en la mira (usando la torreta), mientras que otros se utilizarán para “sostener” (*hold-off*) la mira a cierta distancia del objetivo (usando el retículo).

El siguiente paso es definir las condiciones estándar designadas. Estos datos serán los valores base para el resto de la tabla de funciones primarias. En el mundo del tiro a larga distancia, manuales de recarga e investigaciones, los valores designados como estándar que normalmente son utilizados son altitud a nivel de mar, 29.5 inHg (unos 749.3 mmHg) y una temperatura de 59 °F (unos 15 °C). De todas maneras la recomendación es que los valores sean los más frecuentes con respecto a la zona donde se estará operando. **En Uruguay** la temperatura media es de unos 17,5 grados, mientras que las temperaturas extremas van desde los -11 °C hasta los 44 °C. La humedad relativa anual ronda el 75%. La presión atmosférica media ronda los 1015 hPa (unos 29.97 inHg o 761 mmHg).

Luego de definidas las condiciones estándar designadas y verificada la velocidad inicial en esas condiciones, se puede utilizar un programa balístico (como *JBM Ballistics*) para generar los valores de caída (super elevación) en las unidades que tenga la torreta. Recordar que estos son los datos base en los cuales el resto de los ajustes se basarán.

PRIMARY FUNCTIONS		Optics Configuration: Mil Dot reticle, MOA Turrets					
DESIGNATED STANDARDS: .50 BMG Hornady 750 gr A-Max @ 2,815 fps, 60 deg F Ambient Air / Ammo Temp, 27.0 in Hg, 0% Humidity							
	60 deg F						
	27 in Hg						
	0% Humidity						
Range	SUPER ELV						
(meters)	(MOA)						
100	0,0						
200	-1,1						
300	-3,3						
400	-5,7						
500	-8,4						
600	-11,2						
700	-14,2						

El siguiente paso (y uno difícil) es “confirmar los ceros”. Esto es, realizar disparos a distintas distancias, bajo exactamente las mismas condiciones estándar (prestando especial atención a la velocidad inicial), y verificar que el punto de impacto es exactamente lo que dice la tabla. Si no se logra verificar los ceros, es necesario revisar las condiciones estándar por si hay algún valor erróneo (velocidad inicial, presión atmosférica, temperatura, coeficiente balístico de la punta, etc).

ELEVATION ADJUSTMENTS					
AVE		AVE		AVE	
Barmometric Pressure Adj.		Muzzle Velocity Variation Adj.		Ambient Air Temp Adj.	
per 1 in hg		per 10 fps		per 10 deg F	
(MOA)	STD DEV	(MOA)	STD DEV	(MOA)	STD DEV

Luego de confirmar los ceros, es momento de calcular los valores de corrección (es decir, llenar el resto de la tabla), lo que se hará para cada columna por separado. Para cada columna se ingresan todos los datos de las condiciones estándar, y se cambia solamente la

condición de la columna a calcular en el valor de la unidad que se utilice en cada una. En la imagen se ve como para la presión atmosférica, se aumentaría (o disminuiría) la presión en 1 inHg, para la velocidad inicial 10 fps y para la temperatura ambiente 10 °F. Es decir, si la velocidad inicial estándar es de 2815 fps, para llenar los datos de la columna de variación de velocidad inicial, se ingresarán 2825 fps o 2805 fps. Los valores que irán en la columna será la diferencia entre la superelevación (calculada con los valores estándar) y la superelevación calculada al cambiar el valor en particular a analizar.

	2815 fps	2805 fps	
Range	Drop	Drop	Drop Variation (per 10 fps)
(m)	(MOA)	(MOA)	(MOA)
100	0,00	0,00	0,00
200	-1,10	-1,12	-0,02
300	-3,30	-3,34	-0,04
400	-5,70	-5,75	-0,05
500	-8,40	-8,47	-0,07
600	-11,20	-11,30	-0,10
700	-14,20	-14,33	-0,13
800	-17,40	-17,55	-0,15
900	-20,70	-20,87	-0,17
1000	-24,30	-24,50	-0,20

Para poder realizar los cálculos de manera más precisa, es necesario tener 2 decimales en los valores, pero *JBM Ballistics* utiliza 1 decimal por defecto. Lo que se puede hacer es poner en la unidad de la columna 0.1 como valor, y luego el resultado multiplicarlo por 0.1 (o dividirlo por 10). Esto obtendrá el resultado con 2 decimales. Esta funcionalidad es normalmente utilizada para dar los clicks de la torreta (al ingresar el valor de cada click).

Range	Drop		Range	Drop
(m)	(clicks)		(m)	(MOA)
0	***		0	***
100	19.8		100	2.0
200	-0.0	Column 2 Units (0.05 to 10.00 MOA) [1.00] [?]	200	-0.0
300	-26.7	0.1 MOA	300	-2.7
400	-57.5		400	-5.8
500	-92.2	Column 2 Units (0.05 to 10.00 MOA) [1.00] [?]	500	-9.2
600	-131.0	1.00 MOA	600	-13.1
700	-174.4		700	-17.4
800	-223.1		800	-22.3
900	-277.9		900	-27.8
1000	-339.6		1000	-34.0

Aquí también es recomendable seguir el consejo de la nota final de la sección 16.3.4. (Creación de tabla balística utilizando *JBM Ballistics*) sobre la elevación de la mira y la distancia del cero: luego del primer cálculo con las condiciones estándar (y donde el cero se ingresa como distancia), utilizar el dato de elevación para determinar el cero del fusil para los siguientes cálculos con cambios en las condiciones de tiro, en vez de la distancia. Recordar desmarcar la opción de corrección del cero por distancia.

Salida

Output Data			
Elevation:	5.690 MOA	Windage:	0.000 MOA
Atmospheric Density:	0.06887 lb/ft³	Speed of Sound:	1117.5 ft/s
Maximum PBR:	316 m	Maximum PBR Zero:	268 m

Entrada

Elevation (-300.000 to 300.000 MOA) [0.0] [?]

5.690 MOA ▼

☐ Elevation Correction for Zero Range [?]

En las tablas que Rex muestra en los videos, se ve que las columnas tienen además del valor de corrección, la desviación estándar. Esto es porque Rex utiliza el promedio de las diferencias de distintas condiciones en vez de solo utilizar una sola diferencia. Es decir, en vez de solamente utilizar la diferencia de la caída entre 59 y 60 inHg, calcula la diferencia de varias caídas a diferentes presiones (es decir, variación de caída entre [59 y 60], [60 y 61], [61 y 62], etc). Luego con ese conjunto de datos, obtiene el promedio (valor que utilizará para las correcciones) y la desviación estándar (valor que indica que tanto se alejan los distintos valores hallados del promedio de los mismos).

Otro detalle a tomar en cuenta es que la variación de velocidad inicial depende de la temperatura, pero mientras la caída varía de forma lineal con el cambio de velocidad, no lo hace con respecto al cambio de temperatura, es decir, la variación en la caída generada por una variación de 10 °F, no es lo mismo si la temperatura es 60 °F que si es 70 °F. Sin embargo, un cambio de velocidad de 10 fps, genera la misma (o similar) caída sin importar la velocidad que se compara; dicho de otra forma y mostrando un ejemplo, un cambio de temperatura de la munición de 60 °F a 61 °F puede generar una variación de 20 fps, y un cambio de 70 °F a 71 °F puede generar una variación de 40 fps. Como consecuencia de que los pasos sean en velocidad y no temperatura, es que se necesitará la curva de variación de velocidad inicial para poder obtener la velocidad inicial a cada temperatura para poder aplicar la corrección.

16.5.3. Tablas de funciones balísticas secundarias

****SNIPER 101 Part 80 - Secondary Ballistic Functions HD****

Las tablas de funciones balísticas secundarias si bien son datos interesantes de disponer, no son críticos para utilizar el CalcForm. Estas tablas manejan datos que son útiles bajo ciertas circunstancias.

	SECONDARY FUNCTIONS								Optical Configuration:		Mildot Reticle w/ MOA Turrets				
	DESIGNATED STANDARDS: .50 BMG Hornady 750 gr A-Max @ 2,815 fps, 60 deg F Ambient Air / Ammo Temp, 27.0 in Hg, 0% Humidity														
	SUPPLEMENTAL BALLISTIC INFORMATION														
	SUPER		Bullet		Maximum Ordinate					Remaining		TIME	10 mph		Danger
	ELEVATION		Drop									OF	Wind		Space
Range					Range		Height			Velocity Energy		FLIGHT	Deflection		5" Tgt Radius
meters	MOA	Mils	inches	feet	meters	%Range	inches	feet	%Drop	fps	ft*lbs	sec	inches	feet	meters
100	0,0	0,0	0,0	0,0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2730	12406	0,12	0,3	0,0	0 to 249
200	-1,1	-0,3	-2,6	-0,2	125	63%	1,5	0,1	-58%	2643	11633	0,24	1,3	0,1	0 to 287
300	-3,3	-0,9	-11,1	-0,9	175	58%	5,1	0,4	-46%	2559	10900	0,37	3,0	0,3	0 to 360
400	-5,7	-1,7	-26,0	-2,2	225	56%	10,5	0,9	-40%	2475	10203	0,50	5,5	0,5	338 to 445
500	-8,4	-2,4	-47,7	-4,0	275	55%	17,8	1,5	-37%	2394	9542	0,63	8,7	0,7	458 to 535
600	-11,2	-3,2	-76,6	-6,4	325	54%	27,3	2,3	-36%	2314	8915	0,77	12,8	1,1	568 to 628
700	-14,2	-4,1	-113,3	-9,4	375	54%	39,0	3,3	-34%	2235	8320	0,92	17,7	1,5	675 to 723
800	-17,4	-5,0	-158,3	-13,2	425	53%	53,3	4,4	-34%	2158	7756	1,07	23,5	2,0	780 to 819

Los datos manejados son:

- Super elevación (tal cual como en la Tabla Balística Primaria). Se agrega el dato de una segunda unidad de medida.
- Caída: en distancia lineal (pulgadas, pies, cm, metros, etc).
- Ordenada máxima:
 - Distancia: distancia en unidad lineal donde se da la ordenada máxima
 - Porcentaje en la distancia al blanco donde se da la ordenada máxima.
 - Altura: en distancia lineal
- Velocidad y energía remanente. A cada distancia que velocidad le queda al proyectil.
- Tiempo de vuelo: cuanto tarda en llegar al blanco el proyectil (en segundos).
- Desvío por viento: en unidades lineales
- Espacio de peligro (*Danger Space*): dado un tamaño del blanco o zona vital, esto es una medida de que tan precisa debe ser la estimación de distancia para poder dar en el blanco. Ver sección 17.3.

La ordenada máxima es importante si se necesita realizar un disparo donde el proyectil deba pasar por debajo de un objeto como puede ser un puente o ramas de árbol; el proyectil podría impactar en este objeto y no llegar al objetivo.

17. Estimación y determinación de distancias

17.1. Introducción

SNIPER 101 Part 81 - Ranging the Target - Visual Estimation Techniques HD

Determinar la distancia en que se encuentra el objetivo es una parte crítica para poder realizar disparos a distancias extremas de manera eficaz. Hay que aclarar la diferencia entre *determinar* y *estimar*. *Determinar* es obtener la distancia de la manera más exacta posible a la que se encuentra el objetivo, mientras que *estimar* es obtener una aproximación a esa distancia. Si bien para distancias medias (entre 300 y 600 metros) puede ser suficiente con estimar la distancia, para largas distancias es necesario determinar la distancia.

Existen varias técnicas para estimación:

- Estimación visual de distancia
- Método del campo de fútbol
- Método Crack~Thump

Estimación visual de distancia

Hay que tomar en cuenta que existen varios factores que afectan cómo se percibe la distancia a un objeto, algunos factores provocan que el objeto parezca más lejano, mientras otros más cercano.

Parecen más cercanos los objetos que:

- Tienen límites bien definidos.
- Estén completamente visible
- Estén cuesta arriba
- Estén bien iluminado
- Tienen límites indefinidos.
- Estén parcialmente visible
- Estén cuesta abajo
- Estén mal iluminados o parcialmente iluminados.

Parecen más lejanos los objetos que:

Método del campo de Fútbol

Este método se basa en estar familiarizado y estimar cuántos campos de fútbol americano o fútbol soccer caben entre el tirador y el objetivo.

Método Crack~Thump

Este otro método no es tanto visual, sino auditivo y es mayormente aplicado a situaciones de combate, donde el tirador puede estar recibiendo fuego enemigo.

17.2. Método Crack~Thump para estimación de distancia

SNIPER 101 Part 82 - RANGING ENEMY FIRE - Crack Thump Method

La velocidad del sonido es de aproximadamente 343 m/s en condiciones normales, mientras que la velocidad de las balas típicamente son 2 a 3 veces más rápido que eso. Esto resulta en un retraso de sonido ("crack-bang") entre la llegada de los dos al objetivo. Las balas supersónicas del enemigo producen un estampido sónico, creando un sonido de "crack" cuando pasan. La idea es que si se conoce el tiempo de vuelo de la bala enemiga, su distancia se puede estimar aproximadamente midiendo la demora entre el paso de la bala y el sonido del disparo del fusil, que luego se puede comparar con una tabla de valores. Sin embargo, esto es solo relativamente efectivo a 500 metros. Todo esto sucede de manera diferente dependiendo de su cartucho, carga y condiciones atmosféricas, lo cual afecta su efectividad.

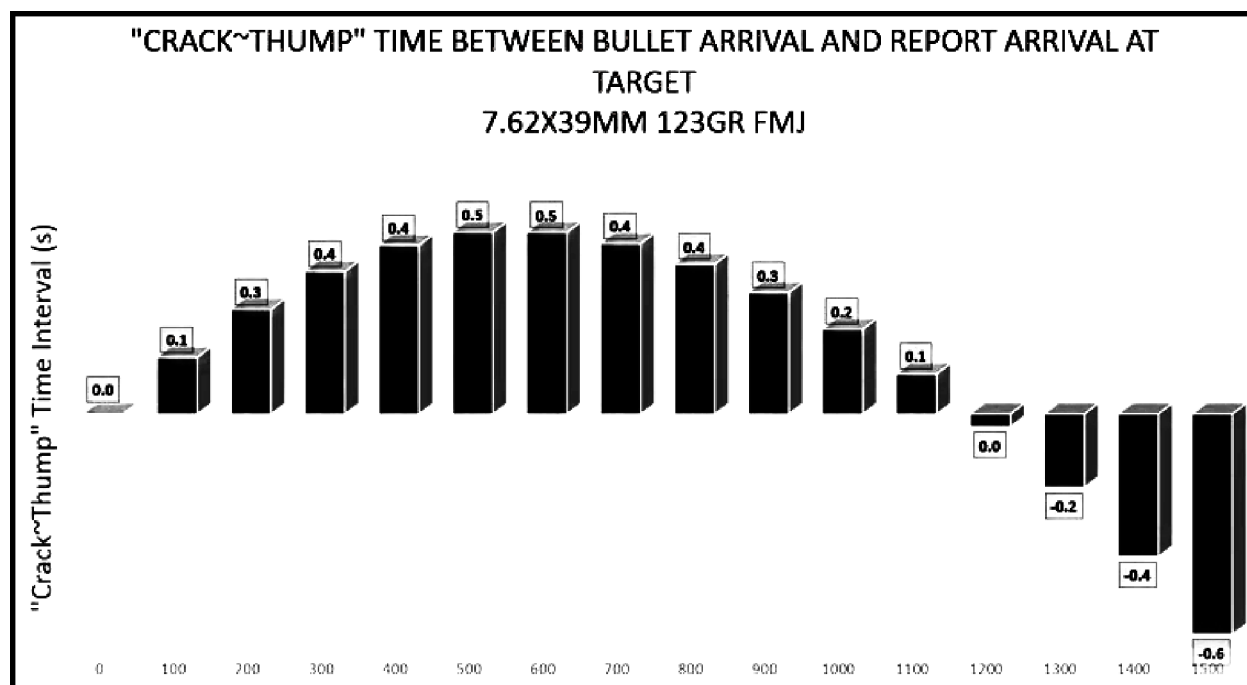
Una nota que está en casi todos los manuales de francotiradores, como el U.S Field Manual Nro 23-10 dice lo siguiente:

“El lapso de tiempo entre el crack (proyectil ‘pasando’) y el thump (sonido del disparo) puede utilizarse para estimar la distancia del fuego enemigo. Un lapso de tiempo de 1 segundo, son aproximadamente 600 yardas (548 metros) con la mayoría de calibres.”

La velocidad del sonido (*Mach 1*) en condiciones normales es aproximadamente 343 m/s (1125 fps o 767 mph o 1234 km/h), lo que equivaldría a 1 km en 1 segundo (recordar que la velocidad del proyectil será aproximadamente 2 o 3 veces mayor).

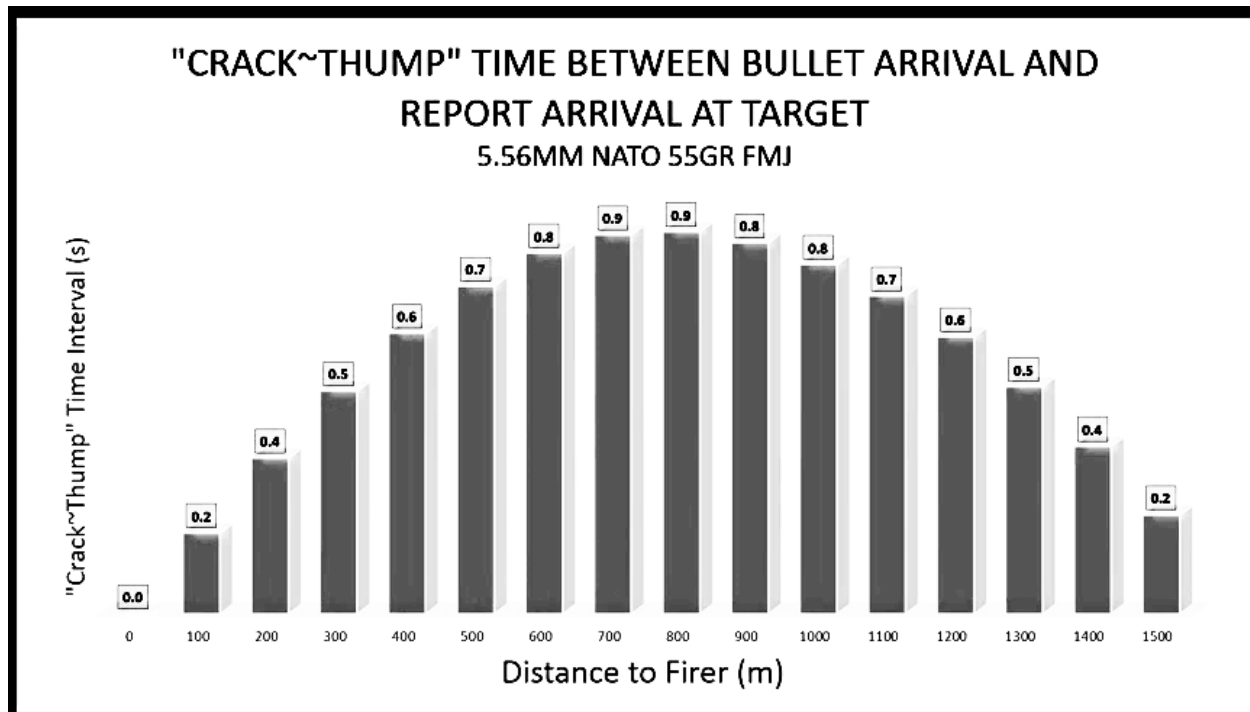
El problema al tratar de estimar la distancia es que la velocidad del proyectil no es constante, sino que se irá disminuyendo incluso llegando a ser subsónica, mientras que la velocidad del sonido será relativamente constante. Esto tiene como consecuencia que el sonido generado por los gases del disparo, ira a 343 m/s casi constantes, mientras que el proyectil en principio se aleja de este, pero luego de un tiempo el sonido lo alcanzará, por lo que a partir de cierta distancia, primero se escucharía el “thump” y luego el “crack”. Si se grafica el lapso de tiempo entre sonidos, se puede observar este efecto.

Por lo tanto este método es solo efectivo en el primer tramo de distancia donde el intervalo de tiempo aumenta (en la gráfica hasta 500 m), luego del cual el tiempo se estabiliza y es imposible medir la diferencia de tiempo (a 400 m es el mismo tiempo que 800 m).



DISTANCE								"CRACK~THUMP"	
from								Time Between	
FIRER				Bullet Velocity			Time of Report	Bullet and Report	Sound Vel
(meters)	Cartridge	Bullet	B.C.	Vel (m/s)	Vel (ft/s)	TOF (s)	Arrival at Target	Arrival at Target	m/s
0	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	738.0	2421.0	0.000	0.0	0.0	343.9
100	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	647.9	2125.4	0.144	0.3	0.1	343.9
200	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	562.0	1843.6	0.310	0.6	0.3	343.9
300	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	484.4	1589.0	0.502	0.9	0.4	343.9
400	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	417.3	1369.0	0.725	1.2	0.4	343.9
500	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	363.9	1193.7	0.982	1.5	0.5	343.9
600	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	326.5	1071.1	1.273	1.7	0.5	343.9
700	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	301.2	988.2	1.593	2.0	0.4	343.9
800	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	282.2	925.9	1.937	2.3	0.4	343.9
900	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	266.6	874.7	2.302	2.6	0.3	343.9
1000	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	253.1	830.2	2.688	2.9	0.2	343.9
1100	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	241.0	790.5	3.095	3.2	0.1	343.9
1200	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	229.9	754.1	3.522	3.5	0.0	343.9
1300	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	219.6	720.4	3.970	3.8	-0.2	343.9
1400	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	210.1	689.2	4.441	4.1	-0.4	343.9
1500	7.62x39mm	123gr FMJ	0.245	201.2	660.2	4.934	4.4	-0.6	343.9

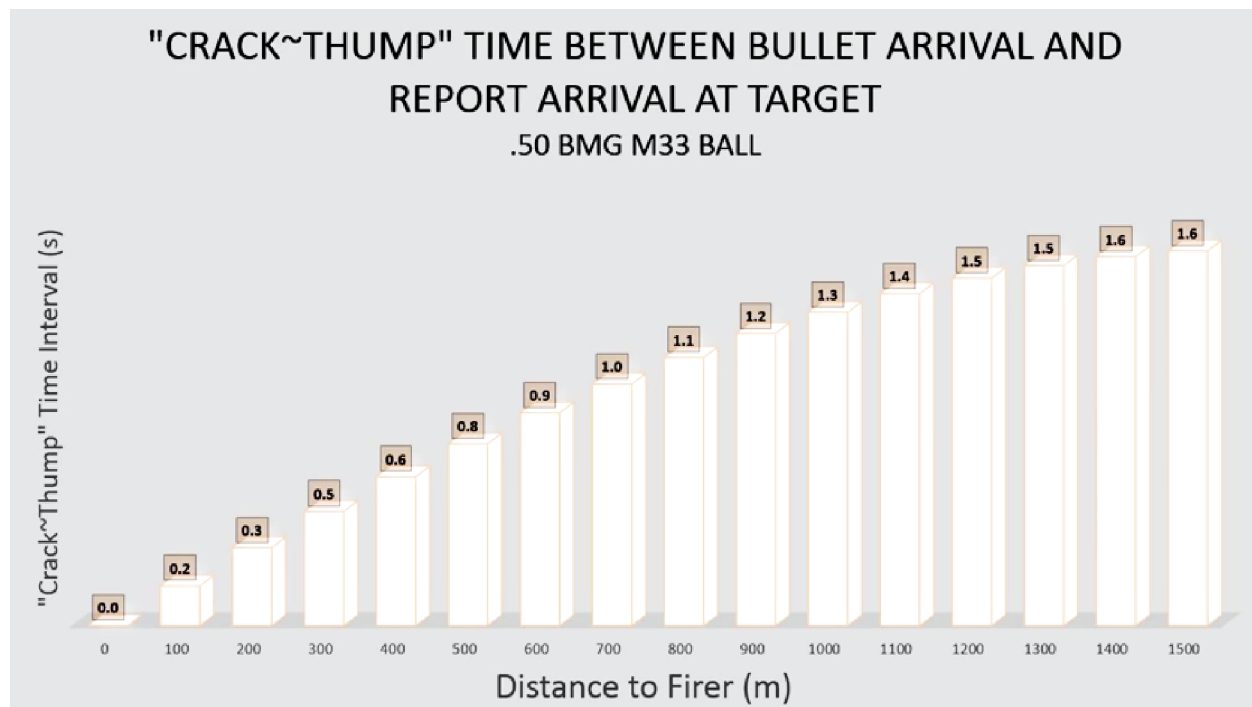
Viendo otros cartuchos como el 5.56x45, se puede ver que este se ajusta más a los tiempos que dice el FM 23-10.



En la siguiente tabla y gráfica se comparan 3 cartuchos distintos: 7.62x39, 5.56x45 y .50BMG, donde se puede observar que hasta 300 o 400 m los tiempos medidos son similares por lo que es hasta estas distancias donde el método es más consistente.

DISTANCE from FIRER (meters)	"Crack ~ Thump" Time Between Bullet Report and Arrival at Target (seconds)		
	7.62x39	5.56 NATO	.50 BMG M33
0	0.0	0.0	0.0
100	0.1	0.2	0.2
200	0.3	0.4	0.3
300	0.4	0.5	0.5
400	0.4	0.6	0.6
500	0.5	0.7	0.8
600	0.5	0.8	0.9
700	0.4	0.9	1.0
800	0.4	0.9	1.1
900	0.3	0.8	1.2
1000	0.2	0.8	1.3
1100	0.1	0.7	1.4
1200	0.0	0.6	1.5
1300	-0.2	0.5	1.5
1400	-0.4	0.4	1.6
1500	-0.6	0.2	1.6





Como los calibres grandes mantienen la velocidad por mayor tiempo, se podría estimar a mayores distancias que calibres más pequeños, pero se tendría que saber con certeza de que calibre y cartucho son los disparos.

17.3. Espacio de barrido y espacio de peligro

SNIPER 101 Part 83 - SWEPT SPACE and DANGER SPACE (HD)

Si se analiza la forma de la trayectoria y el ángulo que forma con respecto a la línea de miras, se puede observar que en el tramo descendente el ángulo es mucho más pronunciado. Esto provoca que un pequeño error en la determinación de la distancia, pueda ocasionar errar el disparo, en comparación con el primer tramo de la trayectoria. Dicho de otra manera, se podría decir que el cambio del punto de impacto en una variación entre 300 y 310 m, es muchísimo menor que la variación del punto de impacto entre 1500 y 1510 m. Esto lleva a que el error en determinar la distancia al objetivo se vuelve más importante, cuanto más lejano esté el objetivo.

Aquí se presentan tres conceptos que pueden servir para determinar el grado de error permitido dependiendo del tamaño del blanco y la distancia. El primero de los conceptos ya se presentó en la sección 16.5.3. y es el concepto de *Danger space* o Espacio de peligro.

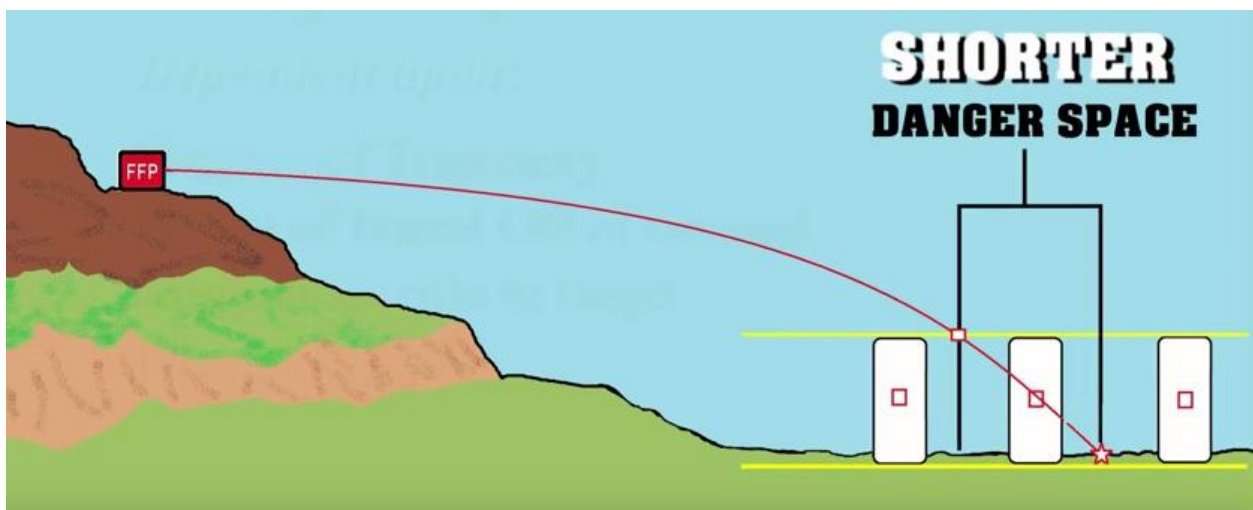
Espacio de peligro: Esto es el espacio o zona para cierta distancia y tamaño de objetivo (o zona vital), donde si el blanco está dentro de esta zona, igual será alcanzado por el disparo.



Ejemplo: para 800 m y un objetivo (o zona vital) de 5 pulgadas de diámetro, el espacio de peligro es entre 780 y 819 m (utilizando la misma tabla de funciones secundarias de la sección 16.5.3.), es decir, asumiendo 800 m de distancia, el blanco será alcanzado igual si está entre 780 m y 819 m de distancia real.

El espacio de peligro va a depender de:

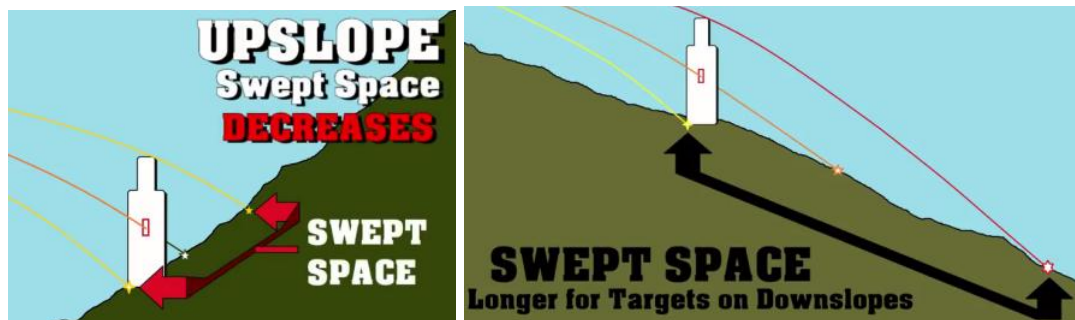
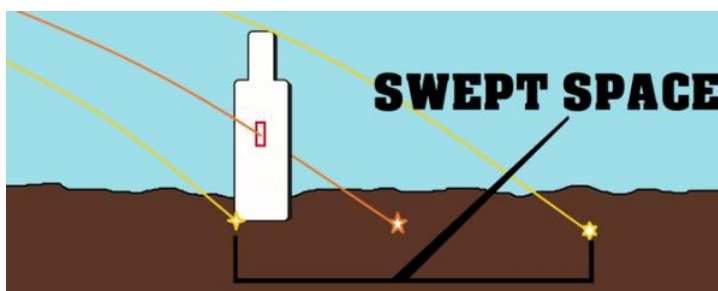
- Que tan plana es la trayectoria
- La altura del cañón con respecto a la tierra
- Ángulo de disparo (un disparo hacia abajo tendrá menos espacio de peligro).
- Altura del objetivo



Conocer el espacio de peligro da una medida del error que se puede cometer al determinar la distancia, por lo que es útil para saber cual es el equipo necesario para el trabajo. Recordar que los valores de espacio de peligro son valores aproximados para dar una idea del error que se puede cometer; cuanto más exacta sea la distancia determinada, mejor.

Otro término similar al anterior, es distancia de peligro (*Danger Range*), es la distancia donde la trayectoria está por debajo de la altura del blanco. Puede suceder antes y después de la distancia de la ordenada máxima.

El tercer concepto a tratar es el Espacio de Barrido (*Swept Space*): es la distancia lineal del cono de tiro creado por los disparos que pasan por la parte superior del objetivo y los que pasan por la parte inferior del objetivo. Este espacio depende también del terreno donde se encuentre el objetivo.



Si el terreno donde se encuentra el objetivo está en bajada, se tiene mayor margen de error para determinar la distancia. Por otro lado es bastante difícil cuantificar los valores de espacio de barrido en una tabla dada la cantidad de variables.

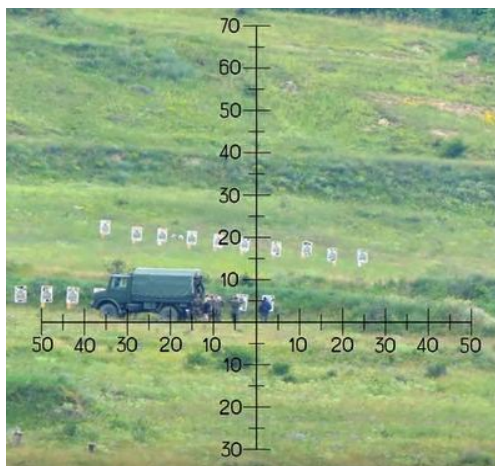
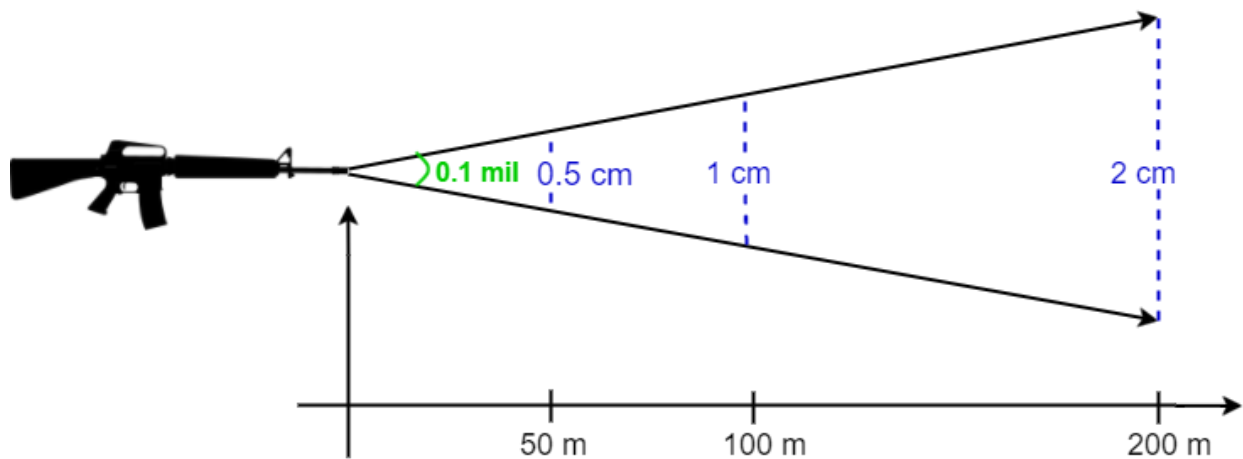
17.4. Utilizar retículos para determinar distancias

SNIPER 101 Part 84 - How to use Mil-Dots for Ranging Targets

17.4.1. Introducción

Utilizar un retículo graduado (como el Mil-Dot) para determinar la distancia es un método comúnmente utilizado que tiene varias ventajas así como desventajas en comparación con sistemas electrónicos como puede ser los telémetros láser. Lo que se mide con el retículo es el ángulo del vértice del triángulo imaginario con ese vértice en el punto de vista del tirador, con sus otros dos vértices en dos extremos de un objeto de medidas conocidas. Conociendo ese

ángulo (que puede ser en MRADs o MOAs), y el tamaño del objeto medido, se puede determinar la distancia al objetivo utilizando trigonometría. Recordar que en la sección 11.1.1. se explican las unidades de medidas angulares.



No solo se encuentran estos retículos en miras ópticas, sino que también en binoculares o catalejos. Un ejemplo de binoculares son del modelo M22 que tiene retículo *Mil-scale*, donde cada marca son 5 MRADs. Este retículo en particular provoca grandes probabilidades de error en la determinación de la distancia especialmente con objetivos pequeños, dado que es difícil medir valores por debajo de 5 MRADs.

Los catalejos con retículo pueden ser más adecuados para determinar distancias, ya que tienen mayor aumento y los retículos con marcas



con medidas menores, además de poder estabilizar mejor el catalejo poniéndolo en un trípode.

Cuando se habla de retículos en una mira óptica, entre todos los retículos existentes el más conocido es el Mil-Dot. Este retículo no solo tiene una medida entre punto y punto, sino que los

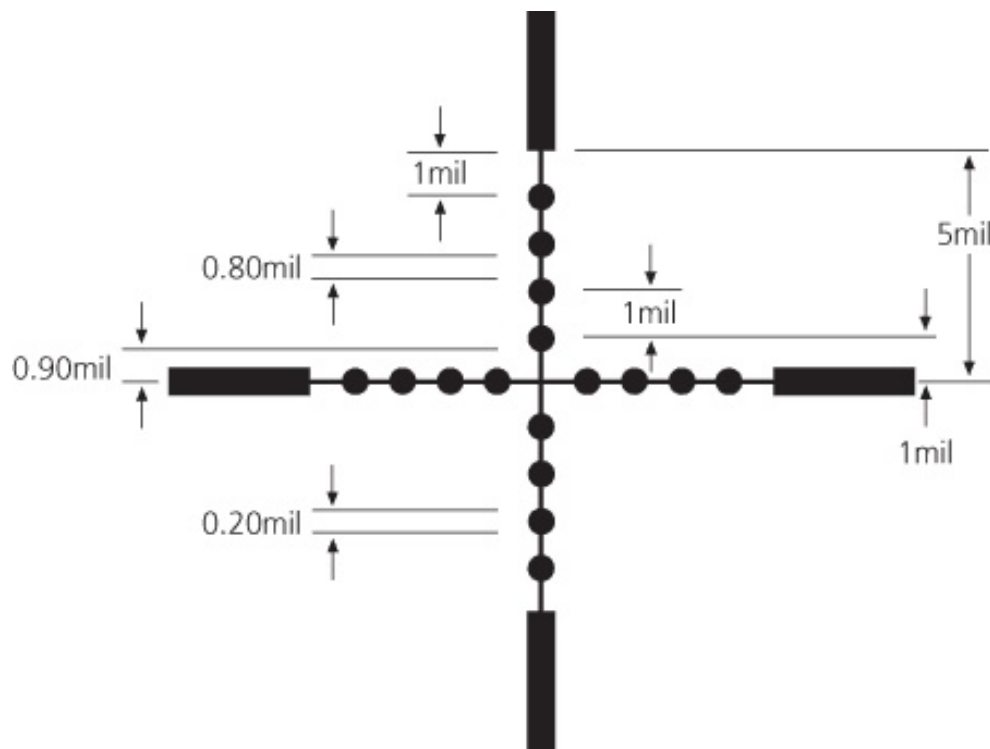
puntos en sí mismos tienen una medida determina, lo que permite realizar mediciones muy precisas si se tiene el conocimiento de cómo hacerlo.

Si bien no es el caso del retículo Mil-Dot, muchos de los retículos están pensados para sostener o corregir los disparos y no tanto como para determinar distancias.

Recordar que en miras ópticas con aumento variable y retículo en segundo plano focal, el aumento tiene que estar exactamente en cierto valor de aumento para que la medida del retículo sea correcta.

17.4.2. Medidas del retículo Mil-Dot

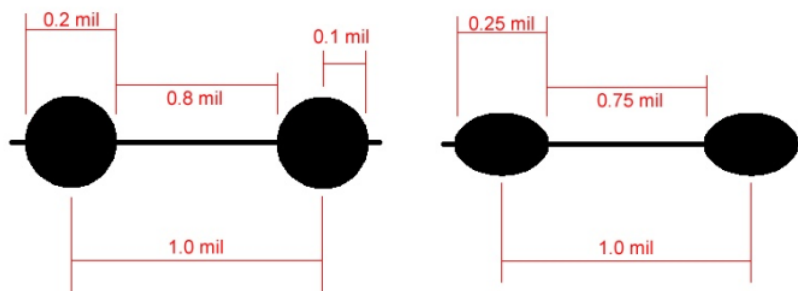
En las siguientes imágenes se muestra al detalle las diferentes medidas que presentan los retículos Mil-Dot.



Hay que aclarar que existen varias versiones de los retículos Mil-Dots: más abajo se muestra la versión del US-Army donde los puntos son redondos (es la vista arriba) y la versión del US-Marine Corps donde los puntos son ovales. Tienen ligeramente distintas medidas.

"Army" Mildots

USMC "Football" Mildots



17.4.3. Fórmulas para el cálculo de distancias

Usando MRADs:

- **Tamaño del objetivo (Z) x 1000 / MRADs = Distancia (Z)**
- Tamaño del objetivo (pulgadas) x 25.4 / MRADs = Distancia (m)
- La unidad Z puede ser cualquier unidad de medida (metros, yardas, cm, pulgadas, etc)

Usando MOAs:

- **Tamaño del objetivo (Z) x 3438 / MOAs = Distancia (Z)**
- Tamaño del objetivo (pulgadas) x 95.5 / MOAs = Distancia (yardas)
- La unidad Z puede ser cualquier unidad de medida (metros, yardas, cm, pulgadas, etc)

Para poder determinar correctamente las distancias, es necesario conocer el tamaño del objetivo u objetos próximos. Para facilitar esto es recomendado tener una lista de objetos comunes en el área y sus respectivos tamaños (largo, ancho y altura). Estos objetos pueden ser armas, vehículos o partes de los mismos (por ejemplo ruedas), construcciones o partes de las mismas (puertas, ventanas, etc), columnas, postes, etc.

Ejemplo de objetivo de 0.35 m (35 cm) que a cierta distancia mide 8.4 MOAs que equivalen a aproximadamente 2.442 MRADs:

MRAD:

Tamaño del objetivo (m) x 1000 / MRADs = Distancia (m)

=> $0.35 \times 1000 / 2.442 = 143,325 \text{ m}$

Tamaño del objetivo (pulgadas) x 25.4 / MRADs = Distancia (m)

=> $13.78 \times 25.4 / 2.442 = 143,330 \text{ m}$

MOA:

Tamaño del objetivo (m) x 3438 / MOAs = Distancia (m)

$$\Rightarrow 0.35 \text{ m} * 3438 / 8,4 = \mathbf{143,25 \text{ m}}$$

Tamaño del objetivo (pulgadas) x 95.5 / MOAs = Distancia (yardas)

$$\Rightarrow 0.35 \text{ m} \sim 13.78 \text{ pulgadas}$$

$$\Rightarrow 13.78 * 95.5 / 8,4 = 156,67 \text{ yardas} \sim \mathbf{143,26 \text{ metros}}$$

Consideración importante: cuando se quiera estimar distancia utilizando el retículo y el objetivo no está a nivel con el tirador (va a ser un tiro en pendiente), o el objetivo no está perfectamente de perfil, el tamaño del objetivo parecerá más pequeño de lo que realmente es, provocando que la distancia calculada sea mayor que la real. Para solucionar esto se ajusta la distancia calculada multiplicando por el coseno del ángulo de inclinación de pendiente o el ángulo de rotación que tenga el objetivo (siendo 0° totalmente de perfil).

Ej: Si el cálculo primario diera 300 metros de distancia pero se sabe que el objetivo está rotado 60° la distancia real serían de 150 metros ($150 = 300 \times 0.5$, siendo $\cos(60)=0.5$)

17.4.4. Ventajas y desventajas de utilizar retículo para determinación de distancias

Ventajas de utilizar retículos para la determinación de distancia:

- La determinación de la distancia utilizando retículo no tiene interferencia con respecto a otros métodos como el telémetro láser.
- Es un método pasivo de determinación de distancia; no emite ningún tipo de luz (ni visible ni invisible) ni otras ondas.
- Los retículos están siempre disponibles, no dependen de batería o pila.

Desventaja / limitaciones de utilizar retículos para la determinación de distancia:

- Hay que conocer el tamaño del objetivo u objetos muy próximos.
- El objeto debe estar completamente visible y ser medido perpendicularmente.
- Se necesita una posición extremadamente estable para poder tomar medidas precisas.
- Es solamente relativamente efectivo a distancias hasta distancias próximas a las 700 yardas (640 metros) para la mayoría de aplicaciones.
- Típicamente toma entre 10 y 30 segundos determinar la distancia para alguien entrenado.

17.4.5. Probabilidades de error en determinación de distancias

Suponiendo que se conoce exactamente el tamaño del objetivo, medir la cantidad de MRADs que ocupa puede ser dificultoso y siempre hay posibilidad de error. En la siguiente tabla se muestra dos casos al medir un blanco de 40 pulgadas de altura, suponiendo un error de 0.1 MRADs y 0.25 MRADs. Se muestra para cada distancia, el error introducido por el error angular y el Espacio de peligro (margen de error) correspondiente a ese blanco y esa distancia. Se puede observar que si bien a 500 metros, con ambos errores angulares todavía se podría dar en el blanco, a 700 metros solo se daría en el blanco con el error de 0.1 MRADs, pero no con el de 0.25 MRADs. A 1000 y 1500 metros sería imposible dar en el blanco consistentemente con esos errores angulares.

Scaling Error Probability:	Ranging Error Probability / Danger Space: 40" Target / .50 BMG 750 gr A-Max			
	500m	700m	1,000m	1,500m
0.1 Mil - EXPERT	24m / 77m	44m / 48m	92m / 28m	181m / 14m
0.25 Mils - NOVICE	56m / 77m	102m / 48m	203m / 28m	381m / 14m

17.5. Telémetros LÁSER

SNIPER 101 Part 85 - LASER Rangefinder Advantages and Limitations

Los telémetros LÁSER (acrónimo que proviene del inglés, **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation o en español “amplificación de luz por emisión estimulada de radiación”) utilizan un haz de luz láser para determinar la distancia. Básicamente cuenta el tiempo que le toma al haz de luz en ser reflejado y volver al telémetro, y luego utiliza este tiempo para calcular la distancia.

17.5.1 Ventajas y limitaciones

Prestar especial atención a las limitaciones, dado que estas determinan que telémetro es recomendable comprar.

Ventajas:

- Son muy sencillos de utilizar: se apunta y se presiona un botón
- La medición suele ser muy precisa: +/- 3 metros.
- No se necesita conocer el tamaño del objetivo.
- Con un telémetro de buena calidad, se pueden tomar mediciones a distancias donde la precisión al usar un retículo sería muy baja.

Limitaciones:

- Divergencia del haz:
 - Si bien el haz de luz es estrecho, se dispersa a la distancia, por lo que dependiendo del tamaño del objetivo, parte de la luz podría reflejarse en superficies más allá del objetivo
 - Se representa como una medida angular de la dispersión del haz. Es deseable un telémetro con baja divergencia (aunque son más caros).
- Diferencias en la densidad del aire:
 - Diferencias en la densidad del aire en el recorrido del haz, similares a microburbujas, hacen de lentes que potencialmente pueden refractar la luz y desviar el haz de su trayectoria.
 - Esto podría dar lecturas incorrectas.
- Objetivo parcialmente visible
 - Si el objetivo está parcialmente visible, el haz de luz podría reflejarse en una superficie de algún objeto que esté entre el telémetro y el objetivo (por ejemplo, pasto).
- Obstrucciones invisibles
 - Similar al caso anterior.
- Espejismo
 - Esto puede tener problemas similares a las diferencias de densidad del aire.
- Riesgo de detección
- Los láser pueden ser interferidos
- Se tiene dependencia de una fuente de energía (pila o batería)
 - Si la batería está un poco descargada, puede evitar que el telémetro tome medidas muy lejanas.

17.5.2 Telémetros recomendados para D.D.Ext.

SNIPER 101 Part 86 - Best LASER for Extreme Long Range Precision Shooting

Existe una gran cantidad de telémetros, pero aquí sólo se mostrarán algunos con algunos datos como su precio, distancias máximas efectivas dependiendo de las condiciones (esto incluye condiciones atmosféricas, como la carga de la batería) y el porcentaje de confiabilidad a distintas distancias.

Method:	LASER Rangefinder Model:	Typical Retail Price:	MAX EFFECTIVE RANGE (meters)		Target Acquisition Confidence (%)			
			Ideal Conditions:	Poor Conditions:	40 inch Highly Reflective Target			
					500m	700m	1,000m	1,500m
	Leupold RX-1000iTBR	\$400	600 - 1000	650 - 800	95%	65%	N/A	N/A
	Newcon 2000Pro	\$500	1200 - 2300	800 - 1200	95%	80%	65%	50%
	Bushnell 7x26 Elite 1 Mile	\$650	800 - 1600	600 - 1000	95%	80%	65%	50%
	Zeiss 10x45 Victory T* RF	\$2,800	1100 - 1200	700 - 900	95%	95%	80%	N/A
	Leica 10x42 Geovid HD-B	\$3,000	1500 - 1700	700 - 1000	95%	95%	90%	85%
	Vectronix Terrapin PLRF	\$2,200	2000 - 5000	1700 - 1900	99%	99%	95%	95%
	Vectronix Vector IV	\$12,000	4000 - 6000	1500 - 4000	99%	99%	99%	99%
	Vectronix 23	\$24,000	25000 - 30000	15000-2000	99%	99%	99%	99%

De esta lista, Rex recomienda el Vectronix Terrapin PLRF, dado que incluso en pobres condiciones, las distancias que maneja son adecuadas para D.D.Ext, sin excederse en el precio. De todas maneras es recomendable que el tirador haga su propia investigación antes de comprar un telémetro dado que año a año salen al mercado nuevos modelos, mientras que otros son discontinuados.

17.6. Confirmación de distancias (GPS, Mapas y Fotos Aéreas)

SNIPER 101 Part 87 - Range Confirmation Using GPS, Maps and Aerial Photography

Como se vió anteriormente, obtener la distancia correcta es fundamental, por lo que poder confirmar las distancias es una necesidad, no solo para realizar los disparos, sino para la puesta a cero del fusil. Para esto el tirador se puede valer de varias herramientas, como GPS, Mapas y fotos aéreas.

Los GPS son una herramienta muy útil para esto, con una precisión de +/- 3 metros si hay buen contacto con los satélites. Se recomienda utilizar GPS de mano (usados para excursionismo, senderismo, etc) por ser más robustos que utilizar un smartphone.

Otra herramienta que se suele utilizar junto con los GPS son los Mapas (de papel). Si se utiliza el sistema de referencia MGRS (*Military Grid Reference System*) se pueden obtener distancias considerablemente precisas.



Normalmente los mapas son utilizados también en conjunto con fotografías aéreas y esto es realizado en una etapa de planificación previa y no en el campo de tiro.



El tercer método para confirmar o determinar distancias es Triangulación usando Teodolitos. Los teodolitos son instrumentos de precisión para medir ángulos en el plano horizontal y vertical. Con esto se puede triangular distancias similar a lo que se hace utilizando los retículos pero con mayor precisión. Como desventaja son pesados, caros, requiere tiempo para su preparación y requiere conocimiento de trigonometría para operar efectivamente.



Para resumir, las herramientas necesarias para medir distancias son:

1. Mira óptica con retículo graduado (ej: mildot) en primer plano focal.
2. Mildot master o dispositivo analógico similar
3. Calculadora, papel y lápiz
4. Telémetro láser
5. Un buen catalejo (telescopio terrestre) en lo posible con retículo graduado.
6. GPS
7. Mapas

Es recomendable utilizar por lo menos dos métodos distintos para determinar distancias, uno para obtener y otro para confirmar (por ejemplo, telémetro láser y retículo).

18. Recomendaciones para tiro de precisión

SNIPER 101 Part 88 - Marksmanship Tips for Long Range Precision Shooting

Por la naturaleza de la serie y este documento, donde se busca realizar disparos a largas distancias (entre 600 y 1000 metros) o distancias extremas (más de 1000 metros), la postura a dominar es la de tendido (*prone stance*) con apoyo, que es la que permitirá tener el nivel de precisión necesario para dar en el blanco a esas distancias, por lo que se dejan de lado las postura de pie, de rodilla o sentado.

Recordar que no existe una sola forma de disparar correctamente, esto es simplemente una guía o recomendación, si bien hay puntos que pueden ser más estrictos que otros.

Fundamentos del tiro:

1. Postura estable
2. Imagen de miras (*Sight Picture*)
3. Control de la respiración
4. Control de la cola del disparador
5. Continuación luego del disparo (*Follow Through*)

1. Postura estable

Se recomienda utilizar algún tipo de apoyo artificial (bolsa de arena, bípode, etc) ya que si bien se podrían utilizar los codos, estos no darán el mismo nivel de estabilidad. Recordar que al cambiar al tipo de soporte, cambian las vibraciones del fusil y potencialmente afectará el cero, por lo que la puesta a cero del fusil debe hacerse utilizando el mismo sistema de soporte que se utilizará en el campo de tiro.

La mano inhábil va atrás en la culata y se utilizará para ajustar la posición del fusil en el hombro y no en el guardamano como si se estuviera apoyado en los codos. En la culata también es recomendable utilizar un apoyo artificial.



El apoyo frontal debe ser consistente, si se utiliza una bolsa de arena o bolso el fusil tiene que estar bien apoyado, si se utiliza un bípode es importante mantener el mismo nivel de tensión en el mismo (que no esté inclinado), además que es recomendable que esté apoyado en una superficie blanda (tierra, pasto, etc) para que absorba las vibraciones.

Es importante recordar que lo que se busca es consistencia entre tiro y tiro, por lo que la idea es replicar las condiciones de puesta a cero del fusil. La postura del cuerpo debe seguir la línea del fusil.



La postura debe ser una posición donde naturalmente y sin esfuerzo, el fusil en reposo esté apuntando justo en el blanco; si el tirador cierra los ojos por unos instantes y se relaja y luego los abre, debe estar apuntando directo al blanco. Esto en inglés se le llama "*natural point of aim*", lo que en español sería "punto de mira natural". Si esto no se logra, el disparo será muchísimo más difícil.

2. Imagen de miras (*Sight Picture*)

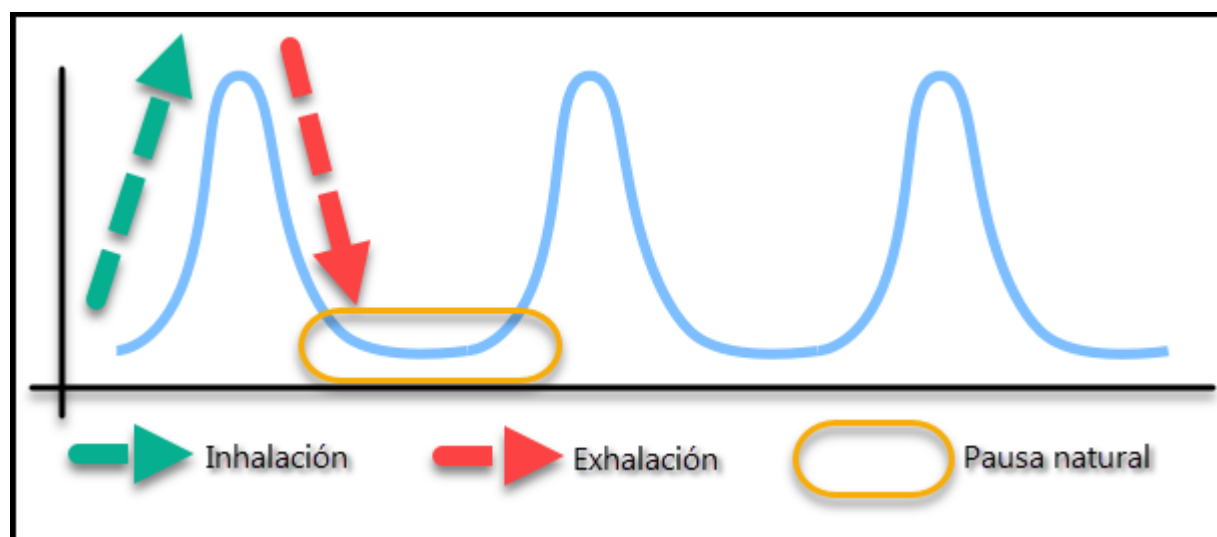


Si bien para D.D.Ext. se utilizará una mira óptica, los fundamentos son los mismos que para miras abiertas; se debe mirar la mira siempre de la misma forma y de forma “centrada” y siempre desde la misma distancia. Para miras abiertas es fácil detectar que esto no se está logrando correctamente ya que el alza y guión no estarán alineados, pero con una mira óptica hay que prestar atención a otras cosas. Luego de poner la cara contra la carrillera, se debe poder ver una imagen nítida y centrada en toda la periferia del campo visual a través de la mira. Si la imagen no está bien centrada se puede ajustar la carrillera, si lo que está mal es la distancia del ojo a la mira, hay que mover la mira hacia adelante o hacia atrás hasta tener una imagen correcta (ver sección 15.4.). Otra cosa a tomar en cuenta es el ajuste de paralaje de la mira si ésta lo tiene (si no es ajustado se puede introducir error por no estar perfectamente perpendicular al plano del lente ocular).

3. Control de la respiración

Cuanto más se utilicen los músculos para llevar la mira al objetivo, mayor será la importancia del control de la respiración. Si la postura es correcta, se tiene un buen punto de mira natural, y el fusil está bien apoyado en los apoyos artificiales, la respiración no afectará demasiado la posición del retículo, aunque siempre es bueno controlar la respiración y además se vuelve necesario si la postura no es la óptima.

La mejor forma de controlar la respiración para el disparo es utilizar la pausa natural que hay entre la exhalación e inhalación, dado que de esta forma no se deja de respirar. La idea es utilizar cada pausa para aplicar control de la cola del disparador.



Algunos tiradores inhalan hondo y luego exhalan la mitad del aire aguantando la respiración para realizar el disparo, si bien esto no es una respiración normal, si no se aguenta demasiado la respiración puede funcionar bien también.

4. Control de la cola del disparador

La idea es presionar la cola del disparador de manera progresiva y perfectamente perpendicular siguiendo la misma dirección en que está orientado el fusil, sin mover el retículo del objetivo de tal forma que el momento del disparo sea una “sorpresa”. La presión debe aumentarse cuando la imagen de miras es la correcta y se está en la pausa respiratoria y detenerla cuando se vuelve a respirar, para retomar el aumento de presión en la siguiente pausa. También hay que evitar realizar movimientos involuntarios (*flich*) del dedo y mano que afecten la salida del disparo.

5. Continuación luego del disparo (*Follow Through*)

Luego que se inicia el disparo, la recomendación es mantener la posición y seguir viendo por la mira hasta que el disparo impacte en el blanco o se pueda observar a donde impactó. Esto no solo ayuda para poder ver qué pasa con el disparo, sino a realizar el proceso del disparo de forma consistente en cada disparo.

19. Tirador y Observador

19.1. Dinámica del equipo Tirador y Observador

SNIPER 101 Part 89 - Sniper / Spotter Team Dynamics

Mientras el tirador está posicionado con su fusil, tratando de concentrarse en todos los aspectos del disparo, puede perder de perspectiva muchos factores que cambian constantemente como las condiciones atmosféricas, por lo que en estos casos es donde un observador puede ser extremadamente beneficioso, es por esto que clásicamente son utilizados equipos de francotiradores donde uno es el observador y otro el tirador. Las tareas necesarias para lograr el dar en el blanco son distribuidas entre los dos miembros del equipo.

Existen varias formas en que las tareas son delegadas, dependiendo quien tome el rol de miembro “*senior*” (el de mayor experiencia o rango, que es el que toma las decisiones). Algunas de las tareas que realiza cada uno son:

Observador:

- Establece una posición correcta para observar
- Identifica y designa objetivos
- Determina distancia
- Calcula solución de tiro
- Reporta la solución de tiro al tirador
- Da la orden del disparo (esto para poder estar observando)
- Observa el disparo a través de un catalejo
- Avisa del impacto (ya sea acertado o errado)
- Calcula corrección
- Ordena repetir el disparo si es necesario

Tirador:

- Establece una posición de disparo estable
- Encuentra el objetivo designado con la mira
- Confirma distancia al objetivo
- Indexa corrección de altitud y deriva en la mira
- Notifica al observador la disponibilidad para realizar el disparo
- Emplea fundamentos del tiro
- Realiza el disparo y la continuación
- Se prepara para repetir el disparo si es necesario

El observador con su catalejo, debería posicionarse de ser posible a las 6 en punto del tirador, donde podrá observar mejor la trayectoria del proyectil, así como ver mejor al tirador para poder validar la solución de tiro, dado que bajo estrés el tirador puede cometer errores al indexar la solución. Además el observador estará atento a cambios en la velocidad del viento, cambios de temperatura, etc.

Es muy importante la comunicación entre el observador y el tirador, por lo que jerga utilizada debe ser conocida por ambos.

19.2. Jerga y Comunicación de equipo

SNIPER 101 Part 90 - Team Communication and Jargon

Dada la importancia de la comunicación entre tirador y observador, es importante que la comunicación sea clara y tener un mecanismo que permita comunicar fácil y claramente, así como en lo posible, detectar potenciales errores en la comunicación.

Hay momentos que un miembro del equipo informa al compañero de algo importante y asume que el compañero lo escuchó (o escuchó bien) pero en realidad no fue así; nunca asumir que el mensaje llegó correctamente, hay que verificarlo.

Confirmación de la información: Cuando se le quiere confirmar al emisor que cierta información llegó al receptor, el receptor repite la información que el compañero acaba de informar para confirmarle que se lo escuchó correctamente.

Cada equipo termina utilizando su propia jerga para optimizar la comunicación, de forma que sea más clara y eficiente.

Jerga: Modalidad lingüística especial de un determinado grupo social o profesional cuyos hablantes usan solo con miembros de ese grupo; otras personas pueden tener dificultad para entender estas palabras.

Si bien el procedimiento para realizar los disparos es casi universal, la jerga variará entre equipo y equipo, dado que cada equipo puede inventar su propia jerga para facilitar la comunicación. Un ejemplo que da Rex es usar la palabra “*curiosity*” (curiosidad) para hacerle saber al compañero que vio algo que no sabe que es y despierta curiosidad. De la misma manera se pueden definir infinidad de palabras que dependen del contexto y del equipo en sí.

Uno de los momentos donde normalmente se utiliza la jerga es para los puntos de referencia (*Target Reference Points o TRP*) previamente designados entre el tirador y el observador, con el cual el observador pueda tener soluciones de tiro previamente calculadas para esos puntos de referencia y de esa forma informar al tirador sobre la “solución apresurada”, muchas veces en forma de valor de elevación genérico para indexar y valor de corrección por viento para sostener utilizando el retículo (ejemplo: indexar 8.2 MOAs de elevación, sostener 2.3 MRADs a la izquierda). Por lo general, la utilización de puntos de referencia está acompañada de una carta de distancias (*range card*) para facilitar la tarea. Cada miembro del equipo tiene una copia de dicha carta.

Lo peor que se puede hacer en un equipo es retener información, asumiendo que el otro miembro del equipo la conoce.

Es importante que si el tirador comete un error en el disparo, se lo notifique al observador para que este no realice una corrección que no debería aplicar.

19.3. Rastro de la bala y técnicas de observación

SNIPER 101 Part 91 - Bullet Trace & Spotting Techniques Revealed

Cuando se erra un disparo, es necesario saber donde impactó para poder calcular correctamente la corrección.

Para determinar el lugar de impacto de la bala, se pueden observar varios efectos, en primer lugar el rastro de la bala, y en segundo lugar el “chapoteo” o *splash* de la bala al impactar sobre una superficie. El rastro de la bala --también llamado cola de vapor--, es causada por la onda de compresión provocada por la alta velocidad del proyectil. El rastro de la bala es el método primario para determinar el lugar de impacto de la misma.

Para observar correctamente el rastro de la bala, el catalejo u otro implemento óptico que se utilice para observar debe estar correctamente posicionado. El rastro de la bala se vuelve más visible pasando la distancia de la ordenada máxima (entre 50% y 60% de la distancia al objetivo). El catalejo debe estar enfocado en el camino esperado y distancia esperada de la bala; el blanco puede estar fuera de foco, pero de esta forma el rastro de vapor del proyectil será más fácilmente visible.

Si el observador está posicionado a la derecha del tirador (con el tirador a la izquierda), hay que esperar que el camino de la bala esté por arriba y ligeramente a la izquierda del objetivo.



Recordar que el catalejo debe estar posicionado lo más cerca posible del eje del cañón, a las 5 o 6 en punto del tirador. Si el tirador fuera zurdo, el observador debería posicionarse a las 6 o 7 en punto.

19.4. Interpretando el chapoteo de las balas (*bullet splash*)

SNIPER 101 Part 92 - Reading Bullet Splash

Como método secundario para determinar el lugar de impacto de la bala se usan las marcas de chapoteo. Este método es utilizado como secundario porque la bala al impactar empuja trozos del terreno en varias direcciones, lo que genera salpicaduras secundarias que provocan que determinar el lugar de impacto real sea difícil.

Se pueden clasificar varios tipos de chapoteos:

- Chapoteo seco
 - Usualmente visible en la vecindad del punto de impacto.
 - El punto de impacto aparente puede ser bastante engañoso
 - La nube de polvo se dispersa rápido
- Chapoteo humedo
 - Se puede observar en la tierra húmeda
 - Muestra el punto de impacto exacto
 - Deja una marca pequeña y oscura
 - Genera poco o nada de polvo
- Chapoteo periférico
 - Indicio de un impacto directo en un blanco de metal
 - Los fragmentos de la bala se dispersan en 360° alrededor del blanco
 - Levanta escombros y polvo de la base del blanco
 - En ocasiones se verá un halo de alrededor del blanco al momento del impacto
- Chapoteo secundario
 - Salpicadura no originada directamente del área de impacto
 - Puede ser ocasionada por rebotes o fragmentos de la bala
 - Puede ser ocasionada por fragmentos del objetivo

19.5. Recomendaciones para observar para sí mismo

SNIPER 101 Part 93 - How To Spot for Yourself - Tips and Techniques

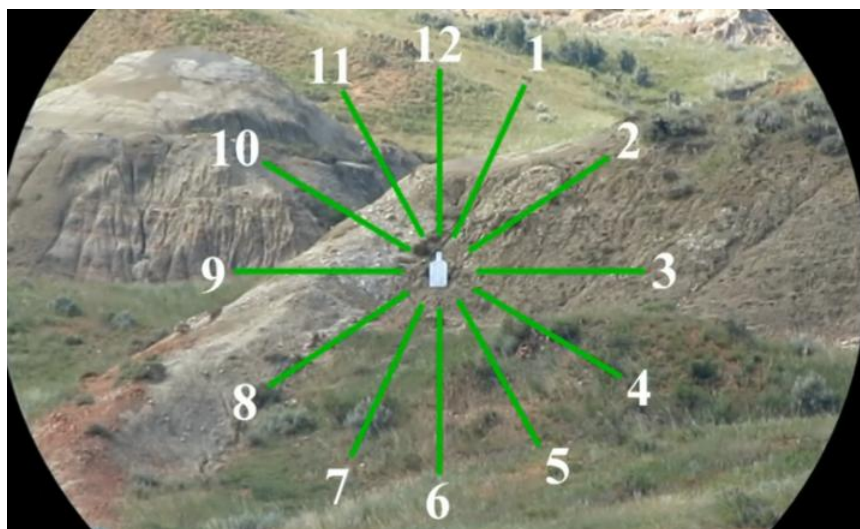
Cuando el tirador debe observar para sí mismo, es muy importante que haga todo lo posible por facilitar la observación luego del disparo, para poder ver el rastro de la bala. Es recomendable que se utilice poco aumento para maximizar al campo visual y que se sigan los fundamentos del tiro, especialmente la continuación. Es deseable que tenga una posición cómoda. Utilizar accesorios para reducción del retroceso (como freno de boca) puede ser beneficioso.

19.6. Como dirigir disparos a larga distancia

SNIPER 101 Part 94 - How to Direct Long Range Precision Rifle Fire

El observador, al ver los disparos y darse cuenta del lugar del impacto, le avisa al tirador a donde fue el mismo, además de realizar el cálculo de corrección e informar.

En catalejos sin retículo, puede utilizar el método del reloj, similar a como es utilizado para describir la dirección del viento para informar el impacto. En este método la magnitud del desvío es macro, se calcula “a ojo”.



Cuando el catalejo tiene un retículo graduado se puede dar una medida angular del impacto por lo que la corrección es mucho más sencilla y precisa.



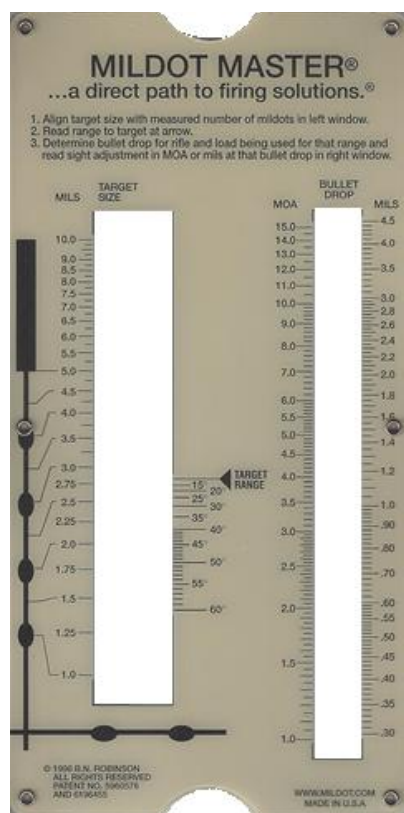
Es recomendable que el retículo del catalejo del observador, y la mira óptica del tirador usen el mismo sistema de medición angular.

Luego que el observador informa de una corrección al tirador, este tiene dos opciones para aplicarla: o indexa la corrección o aplica la corrección manteniendo el retículo en la magnitud correspondiente. La recomendación es que la corrección se haga sosteniendo el retículo, salvo que la corrección sea tan grande que no pueda aplicarse utilizando el mismo.

19.7. Como usar el “Mildot Master”

****SNIPER 101 Part 95 - MILDOT MASTER Tutorial and Review****

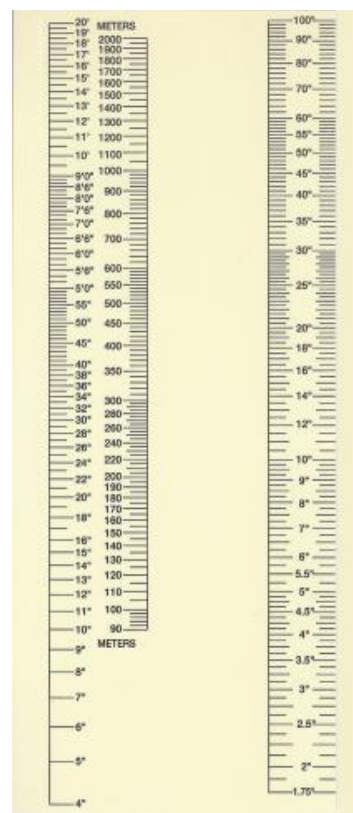
El *Mildot Master* es una calculadora analógica que permite realizar cálculos angulares en varias unidades, aunque es una herramienta pensada para ser utilizada principalmente con MRADs y retículos Mildot. Se compone de un “sobre” con dos ventanas por las que se ve la regla deslizante que va dentro del mismo. Tanto el “sobre” como la regla están graduadas y están fabricadas en polímero. La regla es reversible (tiene escala de los dos lados) por lo que el Mildot Master funciona con yardas o metros. Su precio ronda los 30 dólares.



Esta herramienta puede realizar varias operaciones como conversión de medidas entre MRADs, MOA y pulgadas (si se conoce la distancia al objetivo), además de determinar distancias (si se conoce el tamaño del objetivo).

Dicho de otra manera, el mildot master maneja tres variables y conociendo dos se puede determinar la tercera.

Las variables son: medida angular entre extremos del blanco (medida tomada con el retículo), tamaño del objetivo (longitud en cm, pulgadas, metros), y distancia al objetivo.



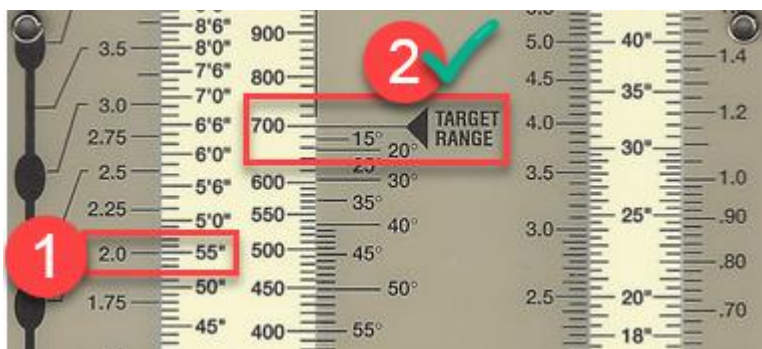
El lado de atrás del sobre sirve como transportador (para medir ángulo de tiro) si se le cuelga un contrapeso de una cuerda o hilo.

La primer ventana del Mildot Master relaciona la medida angular (en MRADs) y el tamaño del blanco con la distancia al mismo, y es utilizada principalmente para determinar esta última (aunque como se dijo, conociendo dos de las variables se puede conocer la tercera).

La segunda ventana maneja la misma información que la primera ventana pero a distinta escala. Es utilizada normalmente para calcular caída lineal y relaciona la medida angular (en MRADs y MOAs) con la caída. Como la segunda ventana usa MRADs y MOAs tambien puede ser utilizada para conversiones.

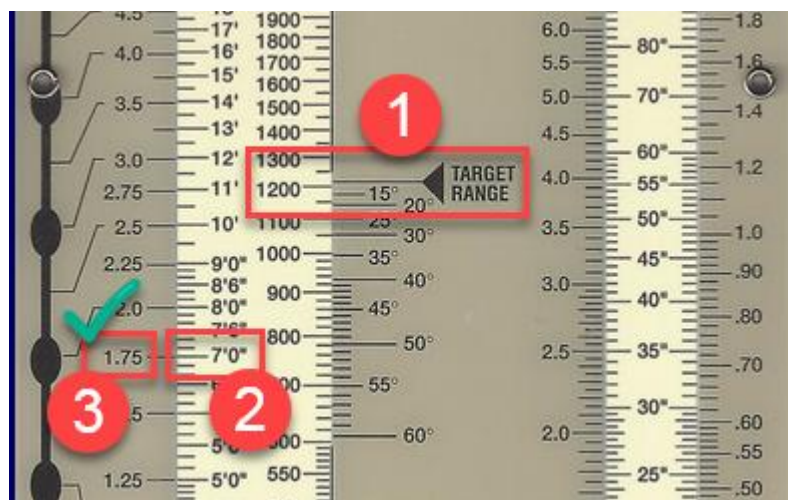
Determinación de distancia

La utilización para determinación de distancia es sencilla. Se hace coincidir el tamaño del blanco con la medida angular (1), y luego se mira qué número está alineado con la flecha de determinación de distancia (2).



Si se supone un blanco de 55" y una medida angular de 2.0 MRADs, la distancia al blanco serían 700 metros.

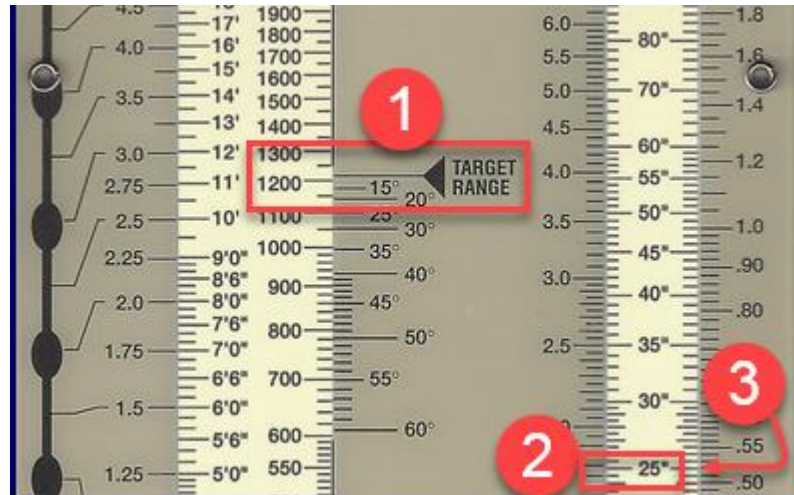
Correcciones con catalejo sin retículo



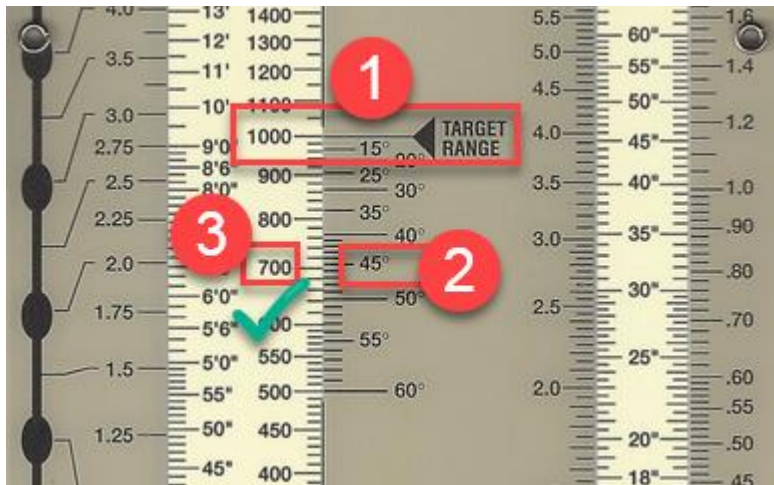
En el caso que el observador no tenga catalejo con retículo, y si puede estimar un error por distancia lineal, puede convertir esa distancia lineal en medida angular para indicárselo al tirador. Primero se hace coincidir la distancia con la flecha negra (1) y luego se busca el tamaño de la longitud a convertir (2). El resultado que coincide con la longitud es el resultado.

Si la distancia al blanco es 1225 metros y el error fue por 7', la corrección angular es 1.75 MRADs.

En caso que en la primer ventana no esté el error buscado (por ser muy pequeño), se lo puede buscar en la segunda ventana. Si la distancia al blanco sigue siendo 1225 metros y el error fue de 25", la corrección sería 0.52 MRADs.



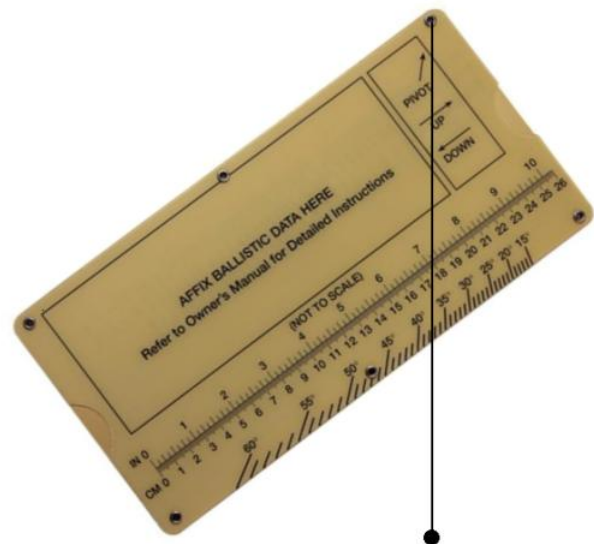
Corrección por ángulo de tiro



El Mildot Master también sirve para calcular la distancia horizontal real en tiros en ángulo. Si la distancia fuera 1000 metros y el ángulo de tiro fuera 45°, la distancia horizontal real estaría cerca de los 710 metros.

Determinación de ángulo de tiro

Para la determinación del ángulo de tiro simplemente se le cuelga al Mildot Master un contrapeso de un hilo y se alinea el borde del mismo con la pendiente de tiro. El hilo marcará el ángulo de tiro en la zona con la escala angular. Hay un recuadro que indica que lado va hacia abajo y cual hacia arriba.



19.8. Catalejos para dirigir disparos de precisión

SNIPER 101 Part 96 - Spotting Scopes for Directing Precision Rifle Fire

Algo que hay que aclarar desde el principio, es que existen una gran variedad de aplicaciones donde se utilizan catalejos y los disparos a larga distancia es una aplicación muy específica, por lo que habrá una gran cantidad de catalejos que no serán de utilidad para D.D.Ext. pero no por eso son malos.

Dado que una de las cosas a observar son los rastros de las balas (método principal de determinación del punto de impacto), que no deja de ser un borrón en movimiento en un fondo borroso, el cristal del catalejo debe ser extremadamente claro.

Otro factor a tener en cuenta es que luego del impacto hay que determinar una corrección angular por un eventual fallo en dar en el objetivo, por lo que el catalejo debería estar equipado con un retículo graduado, de ser posible con la misma unidad de medida que el retículo del tirador.

En caso de no poder comprar un catalejo con las características anteriores, se puede usar uno más barato y utilizar los chapoteos de las balas (método secundario para determinación del punto de impacto) para tener una noción, aunque sea aproximada de donde impactó el disparo.

Para los catalejos con retículo, si tiene aumento variable tomar en cuenta que si el retículo está en el segundo plano focal, la medida correcta solo la dará en una magnitud de aumento determinada (como pasa con las miras ópticas). También tomar en cuenta que en los catalejos con lentes poco claros (baratos) al incrementar el aumento también se incrementan los artefactos visuales generados por los defectos de los lentes por lo que la imagen será poco nítida.

Los precios de los catalejos puede variar enormemente, pero los más baratos tendrán una imagen de baja calidad. Se podría tener en un extremo el Barska 11-33x50mm WP Tactical Spotter con retículo Mil-cross en segundo plano focal (las mediciones deben ser en aumento máximo) a 149 USD mientras que en otro extremo se puede tener un Zeiss 20-60x72mm con retículo Mil-dot iluminado en primer plano focal por casi 5000 USD.

El trípode a utilizar con el catalejo debe ser suficientemente firme para que no haya movimientos que afecten la percepción de la imagen. Tomar en cuenta que los movimientos del trípode serán más evidente cuanto más aumentos tenga el catalejo.

Videos omitidos en este documento

SNIPER 101 Part 97 - Are Ballistic Computation Devices Worth a \$#!T?

SNIPER 101 Part 98 - FFP (Final Firing Position) Selection

SNIPER 101 Part 99 - Red Dawn & the Minuteman Rifle ~ Rex Reviews PODCAST Excerpt

SNIPER 101 Part 100 - RX Series Long Range Precision Rifle Instruction

SNIPER 101 Part 101 - Thinking Strategically & Evading Engineered Conflict in a Manipulative World ~

Referencias

1. TiborasaurusRex. (2012-2017). *Sniper 101 Series*. <https://www.rexreviews.org/>
2. Ing. de Armas navales. Agustín E. González Morales (2000). *Fundamentos de Balística*. España.
3. Ing. Valentina Severova (1997). Red Académica Uruguay. Universidad de la República. http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/Uy_c-info.htm
4. Normales meteorológicas en el Uruguay (1961 - 1990) <http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/normales.txt>
5. Varias imágenes y definiciones obtenidas de Wikipedia.
6. https://www.engineeringtoolbox.com/air-altitude-pressure-d_462.html

Apéndice A - Registro de cambios

Versión 1.0.2:

- Se corrigen errores mínimos de tipeo.

Versión 1.0.3:

- Se arregla un error en el texto de la sección 7.4. Decía que para puntas más largas se necesita un pase de estrías más lento y en realidad es más rápido.

Versión 1.1:

- Se agrega “Registro de cambios”.
- Se simplifican cálculos del ejemplo de la sección 11.1.2
- Se cambia tabla en sección 13.1.5. Además se acomodan algunas frases y se agrega una nota.
- Se agrega un par de aclaraciones en sección 13.1.7
- Se agrega consideración importante en sección 17.4.3.
- Se agrega tabla de estimación de velocidad de viento por Espejismo en sección 13.1.6.4.
- Se mejora gráfica en sección 18.
- Se agregan los apéndices A, B, C, D y E con información útil.

Apéndice B - Equivalencia de medidas

A continuación se presentan algunas equivalencias (y aproximaciones) de medidas útiles.

- 1 MRAD = 3.437746771 MOAs
- 1 MRAD ~ 3.44 MOAs (con un error de 0,066%)
- 1 MRAD ~ 10 cm a 100 m
- 1 MRAD ~ 1 mm a 1 m
- 1 MOA ~ 2,91 cm a 100 m
- 1 MOA ~ 2,66 cm a 100 y
- 1 MOA ~ 1,047 pulgadas a 100 y
- 1/4 MOA (click) ~ 0.73 cm a 100 m
- 0.1 MRAD (click) ~ 1 cm a 100 m
- 1 yarda ~ 36 pulgadas.
- 1 yarda ~ 0.9144 m.
- 1 pulgada ~ 2.54 cm.
- Distancia típica desde la entrepierna a la cabeza: 40 pulgadas ~ 1 metro.
- Ancho típico de hombros: 20 pulgadas ~ 0.5 metros.

Apéndice C - Ejemplo de tablas balísticas de Rex

En este apéndice se muestra como quedaría una tabla balística del estilo Rex terminada si se siguen los pasos descritos en las secciones correspondientes. Para el ejemplo, se supone la siguiente información de fusil y munición:

- Calibre/punta: .308 168 gr. HPBT Match
 - Coeficiente balístico .447 G1
 - Velocidades (°C -> fps)
 - 5 -> 2560
 - 17 -> 2610
 - 20 -> 2640
 - 25 -> 2710
 - 30 -> 2800
 - Altura mira: 1.77 pulgadas
 - Twist: 12" derecha
- Datos de la puesta a cero:
- Temperatura ambiente: 17 °C
 - Presión atmosférica: 1017 hPa
 - Humedad: 75%
 - Altitud: 0 m
 - Distancia del cero: 100 m

La salida del JBM Ballistics para los datos de puesta a cero es el siguiente:

Trajectory			
Input Data			
Ballistic Coefficient:	0.447 G1	Caliber:	0.308 in
Bullet Weight:	168.0 gr		
Muzzle Velocity:	2610.0 ft/s	Distance to Chronograph:	0.0 m
Sight Height:	1.77 in	Sight Offset:	0.00 cm
Zero Height:	0.00 in	Zero Offset:	0.00 cm
Windage:	0.000 MOA	Elevation:	4.367 MOA
Line Of Sight Angle:	0.0 deg	Cant Angle:	0.0 deg
Wind Speed:	0.0 kmh	Wind Angle:	90.0 deg
Target Speed:	0.0 m/sec	Target Angle:	90.0 deg
Target Height:	12.0 in		
Temperature:	17.0 °C	Pressure:	1017.00 mb
Humidity:	75 %	Altitude:	0.0 m
Vital Zone Radius:	8.0 in		
Std. Atmosphere at Altitude:	No	Pressure is Corrected:	No
Zero at Max. Point Blank Range:	No	Target Relative Drops:	Yes
Mark Sound Barrier Crossing:	Yes	Include Extra Rows:	No
Column 1 Units:	1.00 MOA	Column 2 Units:	1.00 cm
Round Output to Whole Numbers:	No		

Output Data										
Elevation:			4.367 MOA			Windage:			0.000 MOA	
Atmospheric Density:			0.07582 lb/ft³			Speed of Sound:			1120.3 ft/s	
Maximum PBR:			350 m			Maximum PBR Zero:			298 m	
Range of Maximum Height:			163 m			Energy at Maximum PBR:			1352.0 ft•lbs	
Sectional Density:			0.253 lb/in²							
Calculated Table										
Range	Drop	Drop	Windage	Windage	Velocity	Mach	Energy	Time	Lead	Lead
(m)	(MOA)	(cm)	(MOA)	(cm)	(ft/s)	(none)	(ft•lbs)	(s)	(MOA)	(cm)
0	***	-4.5	***	0.0	2610.0	2.330	2540.7	0.000	***	0.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	2395.5	2.138	2140.3	0.131	0.0	0.0
200	-2.4	-14.0	0.0	0.0	2191.3	1.956	1790.9	0.274	0.0	0.0
300	-5.7	-50.0	0.0	0.0	1997.1	1.783	1487.5	0.431	0.0	0.0
400	-9.7	-112.5	0.0	0.0	1813.7	1.619	1226.9	0.604	0.0	0.0
500	-14.3	-207.3	0.0	0.0	1642.6	1.466	1006.4	0.794	0.0	0.0
600	-19.6	-341.4	0.0	0.0	1485.8	1.326	823.3	1.004	0.0	0.0
700	-25.7	-523.4	0.0	0.0	1345.9	1.201	675.6	1.236	0.0	0.0
800	-32.8	-763.9	0.0	0.0	1226.1	1.094	560.7	1.492	0.0	0.0
900	-41.0	-1074.6	0.0	0.0	1129.9	1.009	476.2	1.771	0.0	0.0
1000	-50.5	-1468.1	0.0	0.0	1056.7	0.943	416.4	2.072	0.0	0.0
04-Jul-18 09:29, JBM/jbmtraj-5.1.cgi										

Las tablas terminadas quedarían de la siguiente manera:

Presión: 1017 hPa															
Target	Bullet Drop (MOA)									10 km/h Wind (MOA)			10 km/h Wind (MRAD)		
										Air/Ammo Temperature			Air/Ammo Temperature		
RANGE	-5 °C	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	-5 °C	15 °C	35 °C	-5 °C	15 °C	35 °C
(m)	2535	2545	2560	2581	2602	2640	2710	2800	2900	0.6	0.5	0.4	0.17	0.15	0.12
100	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.17	0.15	0.12
200	-2.8	-2.8	-2.7	-2.6	-2.4	-2.3	-1.9	-1.6	-1.2	1.2	1.1	0.9	0.35	0.32	0.26
300	-6.5	-6.3	-6.2	-6	-5.8	-5.5	-5	-4.4	-3.8	1.9	1.7	1.4	0.55	0.49	0.41
400	-10.8	-10.6	-10.4	-10.1	-9.8	-9.3	-8.5	-7.7	-6.8	2.7	2.4	1.9	0.78	0.70	0.55
500	-15.9	-15.7	-15.3	-14.8	-14.4	-13.8	-12.7	-11.5	-10.3	3.6	3.2	2.5	1.05	0.93	0.73
600	-22	-21.5	-21	-20.4	-19.8	-18.9	-17.5	-15.8	-14.2	4.5	4	3.1	1.31	1.16	0.90
700	-29	-28.4	-27.7	-26.8	-26	-24.8	-22.9	-20.8	-18.8	5.6	4.9	3.8	1.63	1.42	1.10
800	-37.3	-36.4	-35.5	-34.3	-33.2	-31.7	-29.3	-26.6	-24	6.7	5.9	4.6	1.95	1.72	1.34
900	-46.9	-45.8	-44.5	-43	-41.6	-39.6	-36.6	-33.2	-30	7.8	6.9	5.4	2.27	2.01	1.57
1000	-58	-56.5	-54.8	-53	-51.2	-48.7	-45	-40.8	-36.8	8.9	7.9	6.2	2.59	2.30	1.80

SPIN ALWAYS ADJUST LEFT						
Target RANGE (m)	-5 °C	2535	15 °C	2602	35 °C	2900
	Spin Drift		Spin Drift		Spin Drift	
	(MOA)	(cm)	(MOA)	(cm)	(MOA)	(cm)
100	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2
200	0.2	1	0.2	1	0.1	0.8
300	0.3	2.3	0.3	2.2	0.2	1.9
400	0.4	4.3	0.4	4.2	0.3	3.5
500	0.5	7.1	0.5	6.9	0.4	5.7
600	0.6	11	0.6	10.6	0.5	8.7
700	0.8	16.3	0.8	15.5	0.6	12.6
800	1	23.1	0.9	21.8	0.8	17.6
900	1.2	31.8	1.1	29.9	0.9	24
1000	1.5	42.6	1.4	39.8	1.1	32

Tomar en cuenta que estas tablas son solo para la presión atmosférica mostrada, por lo que sería necesario tener tablas para otras presiones atmosféricas.

NOTA: Hay que recordar de todas maneras, que la construcción de estas tablas es para NO depender de ningún programa balístico en el campo, por lo que si no se pretende eso, no es necesario la creación de las mismas.

Apéndice D - Los factores más determinantes para disparos a distancias extremas

Como se vio en distintas secciones, no todos los factores a corregir influyen de la misma forma o en la misma intensidad en la trayectoria de la bala, dependiendo en gran medida de la distancia al objetivo. Con el siguiente ejemplo se pretende mostrar que tanto afecta cada factor. Se podrá ver además en el ejemplo como ciertos factores son irrelevantes a cortas distancias.

Ejemplo:

- .308 win, 168 grains, HPBT MatchKing (largo de punta: 1.215"), BC: 0.447 G1
- Velocidad inicial de 2600 fps a 15.5 °C, 2750 fps a 26.5 °C
- Pase de estrías: 1:12 a la derecha
- Presión atm: 1013 mbar
- Cero a 100 metros

Factor	Variación de ejemplo	Altura o Deriva	Desviación a 1000 m (en cm)	Desviación a 500 m (en cm)	Desviación a 250 m (en cm)
Determinación de distancia	Error de 5% en determinación de distancia. Supuesto / Real 1000 m / 950 m 500 m / 450 m 250 m / 200 m	Altura	+210.3	+52.7	+15.5
Viento	10 km/h desde las 3 en punto (el viento apenas se siente en la cara, las hojas de los árboles están en movimiento)	Deriva	-227.9	-46.2	-10.4
Ángulo de tiro	30° con la horizontal.	Altura	+204.7	+35,4	+7.6
Variación de velocidad inicial por temperatura	+11 °C (sin tomar en cuenta cambio de temperatura del aire). Podría equivaler a regular temprano en la mañana y disparar al medio día.	Altura	+189.7	+30.6	+6.2
Densidad del aire (por temp)	+11 °C (sin tomar en cuenta cambio de VI). Podría equivaler a regular temprano en la mañana y disparar al medio día.	Altura	+48.2	+3.3	+0.3

Densidad del aire (por presión atmosférica)	-34 mbar / hPa. Esto equivaldría a regular a 0 m de altitud (nivel del mar) y disparar a 300 m de altitud.	Altura	+44.9	+3.3	+0.3
Spin Drift	Giro hacia derecha	Deriva	+35.2	+6.1	+1.4
Densidad del aire (humedad)	De 0% a 100%	Altura	+8.7	+0.6	+0
Efecto Coriolis (desviación en deriva)	Latitud = -34° (Montevideo, Uruguay) Hemisferio: sur	Deriva	-8.4	-1.6	-0.3
Efecto Eötvös (desviación en altura)	Latitud = -34° (Montevideo, Uruguay) Azimuth = 45° (NE)	Altura	+10.2	+1.5	+0.3

Apéndice E - Tiro en pendiente

Como se vió en la sección 13.1.7. de tiro en pendiente, al realizar un disparo en pendiente, ya sea hacia arriba o hacia bajo, el punto de impacto sería más alto que si el tiro se hubiera realizado en horizontal.

Algunos autores (no en el caso de Rex) afirman que teniendo una tabla balística calculada sin pendiente, y si se necesita realizar un disparo con pendiente, hay que calcular la compensación utilizando la distancia horizontal, es decir, como si el objetivo estuviera más cerca, pero en realidad haciendo esto se estaría desestimando una porción importante de los efectos del aire sobre la trayectoria, por lo que el punto calculado de esta manera, será más alto de lo que en realidad impactaría. Esto último se debe a que la regla del fusilero está basada en las ecuaciones de movimiento de proyectiles en el vacío.

Suponga una distancia real de 1000 metros con una inclinación de 45.5° , con lo que da una distancia horizontal de 700 metros. Según la tabla balística calculada con 0° de inclinación, el punto de impacto a 1000 metros sería 1468.1 cm por debajo de la línea de miras. Siguiendo lo que afirman algunos autores, habría que tomar el valor de 700 metros de la tabla calculada con 0° de inclinación, que serían 523.4 cm por debajo de la línea de miras. Sin embargo, si se mira la tabla calculada con 45.5° de inclinación como dato de entrada en el JBM Ballistics, a 1000 metros de distancia el punto de impacto sería 1003.6 cm por debajo de la línea de miras (sería un error de 480,2 cm).

0°		45.5°	
Range (m)	Drop (cm)	Range (m)	Drop (cm)
0	-4.5	0	-4.5
100	0.0	100	2.5
200	-14.0	200	-3.5
300	-50.0	300	-25.1
400	-112.5	400	-65.3
500	-207.3	500	-128.4
600	-341.4	600	-219.2
700	-523.4	700	-344.0
800	-763.9	800	-510.4
900	-1074.6	900	-727.2
1000	-1468.1	1000	-1003.6

Existe un artículo (ver la referencias de este apéndice) que muestra 3 métodos distintos para aproximar la corrección de los disparos en pendiente, y su error con respecto al obtenido por un software balístico.

El primero de los métodos es “la regla del fusilero” (Rifleman’s Rule) utilizada anteriormente.

El segundo de los métodos es “la regla del fusilero mejorada” (Improved Rifleman’s Rule) y consiste en multiplicar el valor de corrección obtenido de la tabla “sin pendiente” utilizando la

distancia real, por el coseno del ángulo de la pendiente. En el ejemplo anterior, sería $-1468.1 \times \cos(45.5)$, lo que da una corrección de 1029 cm (un error de 25 cm con respecto al valor calculado por JBM Ballistics de 1003.6).

Si bien en general la regla del fusilero mejorada tiene menor error en largas distancias que la clásica, en cortas distancias se observa que el método clásico tiene menor error en general, aunque la diferencia es mínima por lo que entre las dos sería mejor aplicar el método mejorado.

El tercer y último método mostrado en el artículo (y que es el que aparece en los manuales de recarga de Sierra y en el “Ultimate Sniper En Español”) es un poco más complejo de utilizar pero en general debería dar resultados más precisos. La desventaja de este método que se necesita el dato de caída de la bala a las distintas distancias. En este contexto, se refiere a “caída” a la distancia entre la proyección del cañón y la trayectoria de la bala a cada distancia. Esta caída siempre se mide de forma vertical, a diferencia de el punto de impacto o “bullet path” que se mide perpendicular a la línea de miras y es lo que por lo general muestran los programas balísticos, incluso algunas veces etiquetado como caída (drop) lo que da lugar a confusión.

Caída Real

Range (m)	Drop (cm)
0	0.0
100	-8.2
200	-34.9
300	-83.6
400	-158.9
500	-266.3
600	-413.1
700	-607.8
800	-861.0
900	-1184.5
1000	-1590.7

El método consiste en multiplicar el valor absoluto de la caída real por $(1 - \cos(\text{pendiente}))$ y sumarle este número al valor de punto de impacto (tomando en cuenta el signo del mismo).

Siguiendo con el ejemplo de 1000 metros con inclinación de 45.5° , la corrección con respecto a disparar horizontal sería de $1590.7 \times 0,299 = 475,62$ cm donde $(1 - \cos(45.5))$ es 0,299.

Entonces, el punto de impacto en pendiente sería el punto de impacto a 1000 m en la tabla “sin pendiente”, que sería -1468.1 más el valor calculado anteriormente. Esto sería $-1468.1 + 475.62 = -992,48$ cm (con un error de 11,12 cm con respecto al valor calculado por JBM Ballistics de 1003.6)

Para poder calcular la caída real utilizando el JBM Ballistics, se puede setear la altura de la mira en 0, la elevación en 0 y desmarcar la casilla de “Elevation Correction for Zero Range”.

Cabe destacar que la utilización de estos métodos es si se necesita calcular la corrección para disparos en pendiente y no se cuenta con un programa balístico a mano.

Referencia de Apéndice E:

<http://www.exteriorballistics.com/ebexplained/article1.html>